



ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO E INVENTARIO ELECTRÓNICO
PARA LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, IMPLEMENTADO MEDIANTE
TECNOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA (RFID)**

**Proyecto de fin de carrera previo a
la obtención del título de ingeniero
en electrónica y telecomunicaciones**

AUTORES:

Agreda Alejandro Roger Hernán

Masache Ojeda Miguel Angel

DIRECTOR DE PROYECTO DE FIN DE CARRERA

Ing. Byron Paúl Maza Chalán

Loja - Ecuador

2009

Ing. Byron Maza

Docente Investigador de la Escuela de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Técnica Particular de Loja.

Certifica:

Que una vez concluido el trabajo de investigación con el tema “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO E INVENTARIO ELECTRÓNICO PARA LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, IMPLEMENTADO MEDIANTE TECNOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA (RFID).**”, previo a la obtención del título de Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones, realizado por los señores Roger Hernán Agreda Alejandro y Miguel Angel Masache Ojeda, egresados de la Escuela de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones; haber dirigido, supervisado y asesorado en forma detenida cada uno de los aspectos de la tesis de pregrado.

Además, en mi calidad de DIRECTOR DE TESIS y al encontrar que se han cumplido con todos los requisitos investigativos, autorizo su presentación y sustentación ante el tribunal que se designe para el efecto.

Atentamente

Ing. Byron Maza

DIRECTOR DE TESIS

CESIÓN DE DERECHOS EN TESIS DE GRADO

Nosotros, **Roger Hernán Agreda Alejandro y Miguel Angel Masache Ojeda**, declaramos ser autores del presente trabajo y eximimos expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaramos conocer y aceptar la disposición del Art.67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja, que su parte pertinente textualmente dice: **“Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigadores, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través o con el apoyo financiero, académico, o institucional (operativo) de la Universidad”**.

Roger Hernán Agreda Alejandro

Miguel Angel Masache Ojeda

INTRODUCCIÓN

Los laboratorios por su gran aporte al aprendizaje de los estudiantes, aglomeran gran cantidad de equipos que varias veces resulta complicado mantener un control de su presencia, además de representar en su conjunto una gran cantidad de dinero. Consecuentemente estos laboratorios se convierten en sitios vulnerables si no se toman en consideración algunas normativas de seguridad.

Como solución a los problemas existentes se propone el diseño de un sistema de monitoreo e inventario electrónico que sea imperceptible para los usuarios y que resulte de gran utilidad para los administradores del laboratorio.

La propuesta consiste en desarrollar un sistema basado en tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID) para los equipos del laboratorio de la Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones (EET) de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), que permita realizar un monitoreo constante y que al interactuar con módems GSM/GPRS (Global System for Mobile Communications/General Packet Radio Service) sea posible obtener un sistema de seguridad eficiente, ya que en el supuesto que un equipo abandone las instalaciones del laboratorio, los administradores podrán tener conocimiento de dicho evento previniendo una posible pérdida del equipo.

El prototipo basado en tecnología RFID se encontrará ubicado en las instalaciones del laboratorio de la EET, el mismo que consiste de un lector de RFID que estará interrogando constantemente las etiquetas que atraviesen una área específica del laboratorio (entrada-salida) a través de antenas ubicadas estratégicamente, de modo que cuando las etiquetas atraviesen esta área, el lector adquiere su código y lo envía hacia un PC que contiene un software de control encargado de registrar dichos códigos en una base de datos. Posteriormente en el caso de que se produzca la salida irregular de un determinado equipo el software enviara una serie de comandos hacia un modem GSM/GPRS para que estos envíen una alerta hacia el administrador a través de mensajes de texto SMS.

En los capítulos uno y dos se describe características de funcionamiento del sistema de identificación por radio frecuencia en la banda ISM (Industrial, Scientific,

Medical) de 902-928 MHz, facilidades y ventajas que presenta esta banda en comparación a otras bandas de operación de RFID.

En el capítulo tres se muestra la implementación del sistema en las instalaciones del laboratorio de la EET de la UTPL, las diferentes etapas y prestaciones con las que cuenta el sistema de monitoreo e inventario electrónico.

En el capítulo cuatro se detallan las pruebas y resultados obtenidos en las instalaciones del laboratorio de la EET, para la comprobación y verificación del sistema.

En los capítulos finales se presenta las respectivas conclusiones y recomendaciones a las que se llegan luego de haber realizado la implementación del prototipo desarrollado.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e implementar un sistema de monitoreo e inventario electrónico mediante tecnología RFID para los equipos del laboratorio de la escuela de electrónica y telecomunicaciones (EET).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mantener información relevante de los equipos del laboratorio de la EET en una base de datos.
- Desarrollar un software para la visualización y control de equipos del laboratorio de la EET mediante la interacción lector-etiqueta (RFID).
- Mantener informado al administrador de la salida irregular de equipos que se encuentran dentro del laboratorio de la EET.
- Evaluar las prestaciones de la tecnología RFID para sistemas de monitoreo eficientes.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por todas las oportunidades que ha puesto a lo largo de mi vida y el valor que me ha dado para salir adelante en las dificultades, a mis padres Angel y Rosa por todo el apoyo y cariño que me supieron brindar a lo largo de mi carrera, a mis hermanas Diana, María Elena y Sandra, por siempre estarme alentado a seguir adelante y luchar por mis objetivos.

Miguel Angel

Las innumerables y a menudo inciertas horas que he pasado en el transcurso de todo este proceso de formación han sido soportables gracias a mi familia y amigos. Razón suficiente como para dedicar este trabajo a Dios y la Virgen Santísima por permanecer aferrados dentro de mi corazón dándome la fuerza necesaria para salir adelante y convertirme en una persona de bien, además quiero dedicar este trabajo de manera muy especial a mis padres Hernán Agreda y Betty Alejandro, pilares fundamentales en mi vida que gracias a su esfuerzo y sacrificio han sabido llevarme por el buen camino, a mis hermanos Myriam, Pepe y Betty por sus palabras de aliento en los momentos difíciles, a todos mis sobrinos y a Doménica que con su inocencia sabe arrebatarme una sonrisa cuando más me hace falta.

Roger

AGRADECIMIENTO

Todo mi agradecimiento a mi familia, en especial a mis padres y hermanas por todo su apoyo, motivación y cariño.

Agradezco a todos mis amigos por haber estado conmigo en los momentos difíciles, brindándome su apoyo y solidaridad

Un agradecimiento muy especial a nuestro director de tesis Ing. Byron Maza, por su apoyo, paciencia y confianza

Agradezco a todos mis profesores de la EET por compartir sus experiencias y sabios conocimientos.

A todos ellos siempre gracias

Miguel Angel

Quiero expresar mi más profunda gratitud a mis padres y hermanos por sus palabras de aliento, por todo el cariño, amor y comprensión que me han sabido brindar.

Mi agradecimiento especial a todos mis amigos por regalarme momentos especiales en mi vida que los llevo grabados en mi mente.

Agradezco a todos los profesores de la EET por impartirme sus sabios conocimientos ya que de una u otra manera contribuyeron con este logro.

A si mismo quiero agradecer al Ing. Byron Maza, director de nuestra tesis, por la confianza que nos brindo y por los sabios consejos que nos supo dar cuando lo necesitábamos.

Roger

CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS EN TESIS DE GRADO	III
INTRODUCCIÓN	IV
OBJETIVO GENERAL.....	VI
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	VI
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTO.....	VIII
CONTENIDO.....	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABLAS	XII
LISTA DE FLUJOGRAMAS	XIII
1. CAPITULO 1. DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO E INVENTARIO ELECTRÓNICO.....	1
1.1. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA	1
1.2. ESTACIÓN DE MONITOREO	1
1.2.1. <i>Adquisición de datos</i>	1
1.2.1.1. Sistema de identificación por radio frecuencia (RFID).....	2
1.2.1.1.1. Lector	3
1.2.1.1.2. Etiquetas.....	3
1.3. INTERFAZ DE USUARIO	4
1.3.1. <i>Software de monitorización</i>	4
1.3.2. <i>Visualización y control de datos</i>	4
1.4. TRANSMISIÓN DE ALERTAS	5
1.4.1. <i>Servicio de mensajería corta SMS (Short Message Service)</i>	5
2. CAPITULO 2. CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA (RFID) EN LA BANDA UHF	7
2.1. GENERALIDADES DE UN SISTEMA RFID EN LA BANDA UHF	7
2.2. FUNCIONAMIENTO DEL LECTOR TROLLEY SCAN RFID EN LA BANDA UHF.....	9
2.2.1. <i>Microprocesador</i>	9
2.2.2. <i>Transmisor</i>	9
2.2.3. <i>Receptor</i>	10
2.2.4. <i>Interfaz de comunicación</i>	10
2.2.5. <i>Fuente de alimentación</i>	10
2.3. MODO DE CONTROL Y ESCANEADO DEL LECTOR RFID.....	10
2.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS ETIQUETAS TROLLEY SCAN	11
2.4.1. <i>Sensibilidad</i>	12
2.5. CARACTERÍSTICAS DE LAS ANTENAS.....	12
2.5.1. <i>Patrones de radiación de antenas</i>	14
2.6. RANGOS DE LECTURA	15
2.6.1. <i>Modelo de propagación para interiores (Rec. UIT-R P.1238-2)</i>	15
2.6.2. <i>Margen de enlace considerando características de los componentes Trolley Scan RFID</i>	15

3. CAPITULO 3. IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO E INVENTARIO ELECTRÓNICO PARA EL LABORATORIO DE LA EET DE LA UTPL.....	18
3.1. GENERALIDADES.....	18
3.2. ADQUISICIÓN DE DATOS.....	18
3.3. SOFTWARE PARA MANEJO DE INFORMACIÓN.....	19
3.3.1. <i>Bloque de visualización y control</i>	19
3.3.1.1. Equipos presentes en el laboratorio.....	19
3.3.1.2. Equipos que salen con autorización de las instalaciones del laboratorio.....	20
3.3.1.3. Equipos que salen sin autorización.....	21
3.3.2. <i>Transmisión de alertas</i>	21
3.3.2.1. Comandos AT para mensajería.....	22
3.3.3. <i>Algoritmo de implementación</i>	25
4. CAPITULO 4. PRUEBAS Y VERIFICACIÓN DEL SISTEMA	30
4.1 PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	30
4.1.1 <i>Prueba experimental 1</i>	30
4.1.2 <i>Prueba experimental 2</i>	32
4.1.3 <i>Prueba experimental 3</i>	34
5. CAPITULO 5. ANÁLISIS DE COSTOS DEL SISTEMA	35
5.1. COSTOS DE LOS EQUIPOS.....	35
5.1.1. <i>Equipos RFID</i>	35
5.1.2. <i>Equipos para control, interfaz de usuario y transmisión de alertas</i>	36
5.2. COSTOS DE INVESTIGACIÓN.....	36
5.3. COSTOS TOTALES DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	37
5.4. COMPARACIÓN CON OTROS SISTEMAS DE SEGURIDAD.....	38
6. CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	39
6.1. CONCLUSIONES.....	39
6.2. RECOMENDACIONES.....	41
7. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.....	43
8. ANEXOS.....	45
ANEXO 1: ESPECIFICACIONES DE LAS ETIQUETAS RFID TROLLEY SCAN (PTY) LTD.....	45
ANEXO 2: ESPECIFICACIONES DEL LECTOR Y AMPLIFICADOR DE RF TROLLEY SCAN	46
ANEXO 3: VISTA INTERNA DE LECTOR TROLLEY SCAN	48
ANEXO 4: ESPECIFICACIONES MAX 232	49
ANEXO 5: DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA.....	51
ANEXO 6: UBICACIÓN DE ANTENAS EL LABORATORIO DE LA EET.	53
ANEXO 7: UBICACIÓN DE ANTENAS (PRUEBA EXPERIMENTAL 1)	54
ANEXO 8: UBICACIÓN DE ANTENAS (PRUEBA EXPERIMENTAL 2)	55
ANEXO 9: UBICACIÓN DE ANTENAS (PRUEBA EXPERIMENTAL 3)	56
ANEXO 10: LECTURA DE ETIQUETAS (PRUEBAS EXPERIMENTALES)	57
ANEXO 11: SISTEMAS DE SEGURIDAD DISPONIBLES EN EL MERCADO	62

LISTA DE FIGURAS

<i>Fig. 1.1: Esquema general del sistema de monitoreo e inventario electrónico</i>	1
<i>Fig. 1.2: Esquema general del sistema de identificación por radio frecuencia</i>	2
<i>Fig. 2.1: Circuito equivalente del acoplamiento magnético inductivo</i>	8
<i>Fig. 2.2: Diagrama de bloques del lector Trolley Scan [5]</i>	9
<i>Fig. 2.3: Modos de operación del lector Trolley Scan</i>	10
<i>Fig. 2.4: Diagrama de bloques de la etiqueta Trolley Scan</i>	11
<i>Fig. 2.5: Contenido y organización de la Memoria de Identificación de la Etiqueta (ITM) [6]</i>	12
<i>Fig. 2.6 Patrón de radiación de una antena yagi de 4 elementos</i>	14
<i>Fig. 2.7 Patrón de radiación del dipolo</i>	14
<i>Fig. 2.8: Gráfica de potencia disponible en el receptor en función de la distancia de lectura para etiquetas de 1mW</i>	16
<i>Fig. 3.1: Esquema general del sistema de monitoreo e inventario electrónico</i>	18
<i>Fig. 3.2: Ventana de equipos presentes en el laboratorio</i>	20
<i>Fig. 3.3: Ventana de equipos prestados</i>	20
<i>Fig. 3.4: Ventana de equipos que salieron sin autorización</i>	21
<i>Fig. 3.5: Poppport del celular Nokia 3220</i>	22
<i>Fig. 3.6: Circuito para interfaz (Poppport) Nokia 3220-PC [14]</i>	24

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 2.1: Características de sistemas RFID para diferentes bandas de frecuencia [3].....</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 2.2: Parámetros para el diseño de antena yagi [8].....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 2.3: Parámetros de los dispositivos Trolley Scan.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 3.1: Número y descripción de los pines del Nokia 3220 [13].....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 3.2: Niveles de voltaje para modem celular [14].....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 3.3 Comandos AT más utilizados para la comunicación PC-modem (terminal móvil- celular).....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 4.1: Porcentaje de detección de etiquetas (prueba 1).....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 4.2: Porcentaje de detección de etiquetas (prueba 2).....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 4.3: Porcentaje de detección de etiquetas (prueba 3).....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 5.1: Costo de equipos RFID.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 5.2: Costo de equipos para interfaces de usuario y transmisión de alertas.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 5.3: Costo de investigación.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 5.4: Costo total de implementación.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 5.5: Valor comercial del sistema de monitoreo e inventario electrónico.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 5.6: Comparación con otros sistemas de seguridad.....</i>	<i>38</i>

LISTA DE FLUJOGRAMAS

<i>Flujograma 3.1: Algoritmo de control de entrada y salida de equipos sin autorización.....</i>	<i>26</i>
<i>Flujograma 3.2: Algoritmo para salida de equipos con autorización del administrador (Equipos prestados)</i>	<i>27</i>
<i>Flujograma 3.3: Algoritmo de devolución de equipos.....</i>	<i>28</i>
<i>Flujograma 3.4: Algoritmo para búsqueda rápida de equipos (inventario electrónico).....</i>	<i>29</i>

1. CAPITULO 1. DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO E INVENTARIO ELECTRÓNICO

1.1. Características del sistema

El sistema de monitoreo e inventario electrónico a desarrollar e implementar en el laboratorio de la EET de la UTPL consta físicamente de tres partes (Fig. 1.1).

- Estación de monitoreo ubicado en el laboratorio de la EET.
- Estación de control e inventario ubicado en el laboratorio de la EET.
- Estación de transmisión de alertas hacia el administrador.

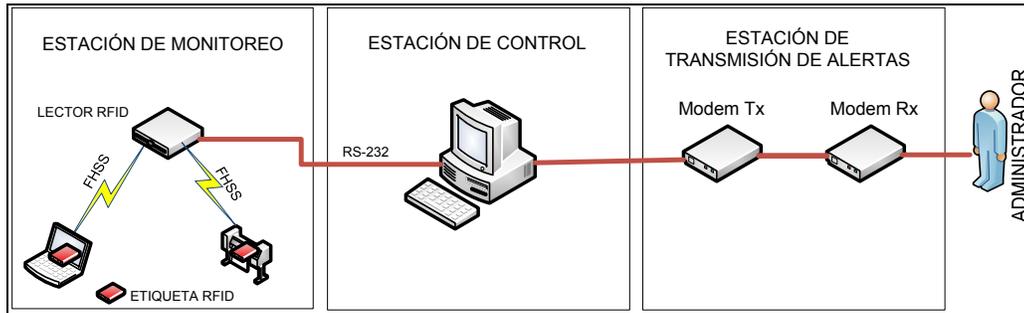


Fig. 1.1: Esquema general del sistema de monitoreo e inventario electrónico

1.2. Estación de monitoreo

La estación de monitoreo consiste de una etapa de adquisición de datos, encargada de obtener información característica de los equipos que salen de las instalaciones del laboratorio.

1.2.1. Adquisición de datos

Existen varias tecnologías de auto identificación que pueden cumplir con algunos de los requerimientos necesarios para la implementación de sistemas de monitoreo, siendo las siguientes:

- Identificación mediante códigos de barras
- Identificación por banda magnética
- Identificación por radio frecuencia

- Identificación por memorias de contacto

Considerando todas estas alternativas y haciendo una comparación entre ellas, la tecnología seleccionada fue la de identificación por radiofrecuencia (RFID), por aspectos como:

- Rango de lectura
- Identificación simultanea
- Capacidad de reprogramación de etiquetas
- Identificación sin visibilidad directa
- Mayor ciclo de vida (etiquetas pasivas)
- Capacidad de almacenamiento de datos

1.2.1.1. Sistema de identificación por radio frecuencia (RFID)

Es un sistema que consiste en la comunicación bidireccional entre un lector y una etiqueta mediante ondas de radio frecuencia.

El principio de funcionamiento (Fig.1.2), se basa en la emisión de una serie de ondas electromagnéticas radiadas por las antenas de un lector, las mismas que al ser captadas por la antena que posee una etiqueta, dará origen a una corriente eléctrica que deberá ser suficiente para energizar el chip contenido en su interior y de esta forma producir una respuesta hacia el lector con los datos contenidos en su memoria [1].

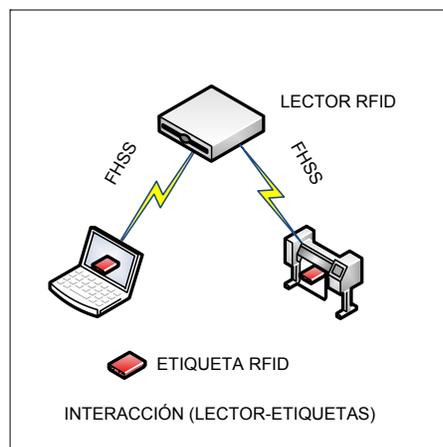


Fig. 1.2: Esquema general del sistema de identificación por radio frecuencia

1.2.1.1.1. Lector

El lector de RFID es un dispositivo que funciona como un transceptor ya que permite acceder a la información contenida en las etiquetas a través de la energía de ondas electromagnéticas radiadas por sus antenas y de la misma forma poder recibir la información a través de ondas electromagnéticas radiadas por las antenas de las etiquetas, para posteriormente procesarla y enviarla hacia una base de datos.

Se pueden distinguir distintos tipos de lectores, que pueden ser fijos o portátiles dependiendo del tipo de aplicación en los que van a ser utilizados, así como también el rango de lectura y la frecuencia de operación. En el caso de monitoreo e inventario electrónico se ha creído conveniente la utilización de un lector fijo ya que de este modo se tendrá la certeza del monitoreo sobre una misma área de cobertura que en este caso viene a ser el laboratorio de la EET.

1.2.1.1.2. Etiquetas

Existen diferentes tipos de etiquetas cuya selección al igual que en el caso del lector depende del tipo de aplicación en la cual van a ser utilizadas. Pueden ser activas o pasivas, la diferencia entre ambas es que en el primer caso necesitan una batería para poder transmitir los datos contenidos en su memoria y en el segundo no necesitan batería, puesto que la energía requerida para activar su chip y transmitir sus datos, la toman de la señal radiada por la antena del lector.

Así mismo dependiendo del tipo de memoria que posean las etiquetas pueden ser únicamente de lectura o de lectura y escritura. En el caso de las etiquetas de lectura los datos contenidos en su memoria vienen grabados de fábrica, mientras que en el caso de etiquetas de lectura y escritura la información puede ser escrita por el usuario a través del lector varias veces. Las etiquetas pueden incluir memoria no volátil e incluso memoria escribible como por ejemplo EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory).

Para el monitoreo e inventario electrónico se considero la utilización de etiquetas pasivas de solo lectura, ya que su alcance de detección inferior a los ocho

metros es el adecuado para el prototipo a desarrollar, además de tener un costo inferior al de las etiquetas activas.

1.3. Interfaz de usuario

La interfaz de usuario deberá ser amigable con el usuario, pero a la vez segura y restringida, esto para un correcto funcionamiento y para evitar posibles modificaciones a la base de datos del sistema, por parte de personas no autorizadas.

Así mismo la interfaz deberá ser flexible, tal que los usuarios puedan acceder a los datos en modo de lectura y solamente el administrador pueda tener acceso completo a la base de datos del sistema y poder hacer las respectivas modificaciones en caso que sea necesario.

1.3.1. Software de monitorización

Para la programación del software de monitorización se ha optado por utilizar LabView, ya que este es un lenguaje de programación gráfico que permite desarrollar aplicaciones de manera versátil y debido a que el proyecto a desarrollarse e implementarse, va en beneficio de la UTPL no es necesaria la compra de la licencia del lenguaje de programación por lo que la Universidad ya tiene una adquirida.

1.3.2. Visualización y control de datos

Los datos una vez recibidos por el lector, son transmitidos hacia un computador, para que puedan ser controlados y posteriormente visualizados mediante la ayuda del software de monitorización desarrollado en LabView, que va a estar implementado sobre el computador. Los datos que el usuario podrá visualizar son:

- Inventario de los equipos presentes en el laboratorio incluyendo características relevantes de los mismos.
- Equipos que han salido del laboratorio con y sin autorización.

El momento que el lector RFID obtiene la información contenida en las etiquetas, estos datos son analizados y comparados por el software de monitorización con la base de datos previamente almacenada en el PC de control, de tal forma que si el software detecta la salida irregular de un equipo, procede a almacenar el código que lo caracteriza en una base de datos y posteriormente envía una alerta hacia el administrador del laboratorio.

1.4. Transmisión de alertas

Una vez detectada la anomalía en las instalaciones del laboratorio es necesario informar al administrador de dicho evento. Esto se lo hace mediante la transmisión de alertas a través de un código, cuyo contenido es el nombre del equipo que abandono el laboratorio sin autorización. Entre las opciones que destacan para la transmisión de los datos hacia el administrador se encuentran las siguientes:

- Internet
- Mensajes de texto (SMS) con dispositivo móvil celular
- Mensajes de texto con equipos GPRS

Los criterios para la mejor opción se los toma considerando consumo de recursos tanto de software, hardware, facilidad en la operatividad del sistema, costos que implican la transmisión de alertas y equipos a utilizarse para dicha transmisión.

Analizando todos estos parámetros, lo más conveniente para la transmisión de alertas es mediante mensajes de texto con un dispositivo móvil celular a través de la red GSM/GPRS ya que el servicio de mensajería corta o SMS (Short Message Service), cumple con los requerimientos anteriormente mencionados.

1.4.1. Servicio de mensajería corta SMS (Short Message Service)

El servicio de mensajes cortos SMS es aquel que permite el envío de mensajes cortos desde o hacia un teléfono móvil celular, SMS forma parte del estándar de telefonía móvil digital GSM y que actualmente también forma parte de las redes 3G. GSM provee la transferencia de mensajes de texto de hasta 160

caracteres, con la posibilidad de que si el mensaje tiene un número superior a 160 este podrá dividirse de forma automática en varios mensajes de 150 caracteres [2], lo que resulta de gran utilidad para el prototipo de monitoreo e inventario electrónico.

2. CAPITULO 2. CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA (RFID) EN LA BANDA UHF

2.1. Generalidades de un sistema RFID en la banda UHF

Un sistema RFID opera en diferentes bandas de frecuencia, cuya selección depende del tipo de aplicación sobre el cual va a ser utilizado, puesto que cada banda posee características diferentes (Tabla 2.1).

Tabla 2.1: Características de sistemas RFID para diferentes bandas de frecuencia [3]

	<i>LF(125 -134KHz)</i>	<i>HF(13.56MHz)</i>	<i>UHF(902-928MHz)</i>	<i>uW(2.4-2.4835 GHz)</i>
Rango	<10cm	<1m	<8m	<60m
Memoria	128 byte	2048 byte	256 byte	256 byte
Intensidad de Campo/Potencia Tx	72dBuA/m	42dBuA/m	4 W	4 W
Protocolo	ISO 18000-2	ISO 18000-3	ISO 18000-6, EPC Gen 1, EPC Gen 2	ISO 18000-4
Regulación	ETSI EN 300 330	ETSI EN 300 330	ETSI EN 300 220, ETSI EN 300 208	ETSI EN 300 440
Costo	Bajo	Bajo	Alto	Alto

Al realizar la respectiva comparación y análisis de los sistemas RFID en las diferentes bandas de frecuencia, se eligió la utilización de equipos RFID en la banda UHF (902 – 928MHz), debido a la capacidad de lectura simultánea de etiquetas, bajo costo de etiquetas (pasivas tipo inlay), y principalmente que el área a monitorizarse está dentro del rango de lectura de esta banda.

Como se menciona anteriormente al realizarse la comunicación lector-etiqueta en la banda UHF, mediante la transmisión de ondas electromagnéticas, permitirá tener distancias de lectura de hasta 8m, contrario a los sistemas de baja frecuencia en los que la distancia de lectura es inferior a los 100cm debido a que la comunicación se la realiza mediante acoplamiento inductivo. En este último se considera el efecto de la inductancia en el acoplamiento magnético en bobinas (Fig. 2.1) en el que una corriente variante en el tiempo $i_1(t)$ en una espira L_1 , genera un flujo magnético variante en el tiempo $d\Phi/dt$ induciendo un voltaje en L_2 debido a la inductancia mutua (M) el mismo que será usado para la alimentación del chip de la etiqueta (R_L) [4].

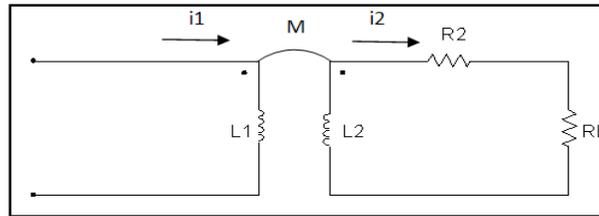


Fig. 2.1: Circuito equivalente del acoplamiento magnético inductivo

Además en equipos en la banda UHF se debe considerar parámetros como potencia de transmisión puesto que es una función directamente proporcional al rango de lectura de las etiquetas. Por aspectos regulatorios la máxima potencia que pueden radiar las antenas del lector (PIRE) es de 4W.

También se considera la capacidad de memoria de los diferentes tipos de etiquetas disponibles en el mercado y el precio que tienen cada una de ellas.

Existe una gran variedad de equipos RFID en la banda UHF disponibles en el mercado, por lo que la elección del equipo adecuado para la implementación de monitoreo e inventario electrónico es el lector Trolley Scan RFID UHF, debido a las prestaciones especiales que tiene en comparación al resto de equipos disponibles; tales como:

- Costo: Debido a limitaciones en cuanto a la disponibilidad y costo de equipos RFID en la banda UHF (en el mercado ecuatoriano), se optó por elegir este equipo, el cual cumple con los requerimientos necesarios para el desarrollo del prototipo de monitoreo e inventario electrónico, pese a que su alcance máximo de lectura es de 1.5m en comparación a los 8m que se podría alcanzar con otros lectores RFID en esta banda.
- Potencia de transmisión variable (lector): Característica importante que permite la variabilidad del rango de lectura al este ser dependiente de la potencia de transmisión del lector que varía de 0.3 a 4dBm.
- Puertos para conexión de antenas (lector): Lo que permite movilidad, mejoramiento, y utilización de un determinado tipo de antenas, dependiendo de las características físicas del área a ser monitoreada, y del lóbulo de radiación que se quiera obtener para la distribución de la energía.

- Disponibilidad de etiquetas: Puede existir flexibilidad en cuanto a la utilización de las etiquetas Trolley Scan, ya que sus sensibilidades varían desde 1uW a 1mW, donde la elección adecuada dependerá del tipo de aplicación y el ambiente sobre el cual van a ser utilizadas.

2.2. Funcionamiento del lector Trolley Scan RFID en la banda UHF

El lector Trolley Scan internamente consta de los siguientes componentes (Fig. 2.2).

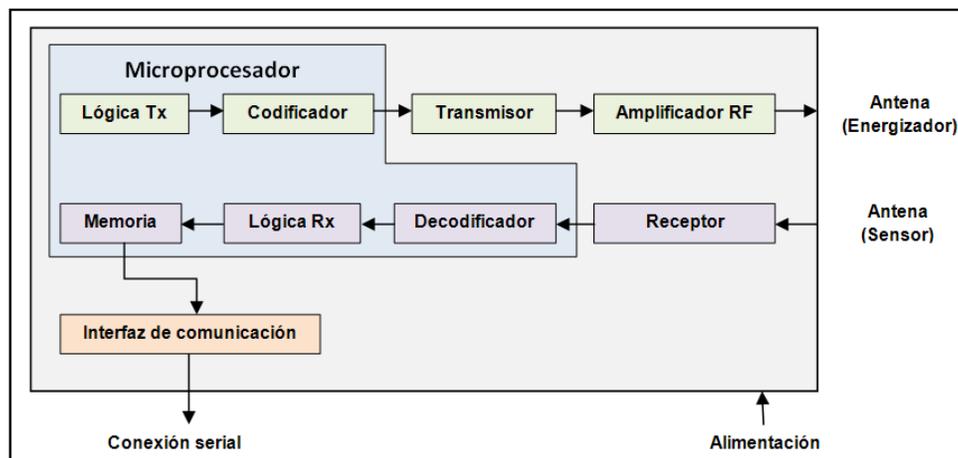


Fig. 2.2: Diagrama de bloques del lector Trolley Scan [5]

2.2.1. Microprocesador

Es el responsable de implementar los protocolos de comunicación con las etiquetas. Decodifica y realiza verificación de errores de la señal analógica recibida, además de ser el encargado de filtrar y procesar los datos leídos, esto con el fin de eliminar lecturas duplicadas o erróneas. Además contiene una memoria que es utilizada para almacenar datos como los parámetros de configuración del lector.

2.2.2. Transmisor

Se utiliza para transmitir la corriente alterna y el ciclo de reloj por la antena (Energizador) hacia las etiquetas a leer. Adicionalmente la señal previa a ser transmitida pasa por una etapa de amplificación de RF.

2.2.3. Receptor

Este elemento es el encargado de recibir la señal analógica de las etiquetas por medio de la antena (sensor) y transmitirla al microprocesador del lector donde se transformara a señal digital. Las antenas que van conectadas tanto al modulo del transmisor como del receptor se lo hace a través de cable coaxial RG 223 y de conectores BNC.

2.2.4. Interfaz de comunicación

La interfaz de comunicación es la herramienta que se utiliza para la comunicación entre el lector y el PC de control. Los datos van desde el lector hacia el PC de control a través de la interfaz RS-232.

2.2.5. Fuente de alimentación

El lector Trolley Scan para alimentar eléctricamente a todos sus componentes utiliza una fuente de alimentación de que opera en el rango de 110 a 120V a 2 Amperios.

2.3. Modo de control y escaneo del lector RFID

El lector RFID Trolley Scan obtiene la información contenida en las etiquetas cuando se encuentran dentro del área energizada por las antenas de dos modos diferentes:

- Single
- Continuous

Estos modos pueden ser físicamente modificados en el lector (Fig. 2.3).



Fig. 2.3: Modos de operación del lector Trolley Scan

En el modo single, las etiquetas transmiten su identidad una sola vez, el momento que se encuentran dentro del campo electromagnético emitido por la antena del lector, y para que puedan ser nuevamente identificadas tienen que salir de dicho campo e ingresar nuevamente.

En el modo continuous a diferencia del modo single, las etiquetas transmiten constantemente su identidad cuando se encuentran dentro del campo electromagnético emitido por la antena del lector, característica que lo hace de gran utilidad para el caso de monitoreo ya que de esta forma se podrá tener un informe permanente y constante de la presencia de las etiquetas cuando atraviesen la zona de cobertura, es decir la entrada-salida del laboratorio.

2.4. Características de las etiquetas Trolley Scan

Las etiquetas Trolley Scan utilizadas para esta aplicación son de tipo pasivas, es decir no necesitan batería para su funcionamiento. Las etiquetas están compuestas por un chip, un transceptor y una antena; el propósito de la antena es permitirle al chip, el cual contiene la información, energizarse y transmitir la información de identificación de la etiqueta (Fig. 2.4).

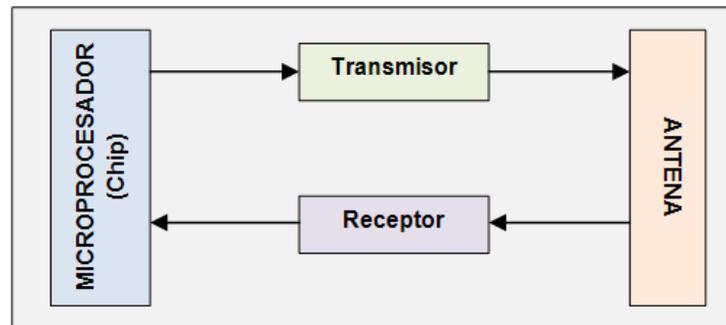


Fig. 2.4: Diagrama de bloques de la etiqueta Trolley Scan

Estas son etiquetas EPC GEN1 (Electronic Product Code GENERation 1), las cuales contienen un identificador único, un código de detección de errores para el identificador único y un pequeño password como un único contenido de datos externos. El identificador único debe ser un código EPC válido otorgado por EPC Global Inc, el código de detección de errores para el identificador único es un código CRC (Código de Redundancia Cíclica) y el password representa el contenido de datos externos.

Los datos que se encuentran en la etiqueta están almacenados en la memoria de identificación de la etiqueta (ITM – Identifier Tag Memory). La organización lógica de la ITM es la de una memoria lineal con el bit más significativo (MSB – Most Significant Bit) del CRC situado en la posición de memoria cero (0). El bit de menos significativo (LSB – Least Significant Bit) está seguido del MSB del código EPC. El LSB del código EPC está seguido del MSB del password, cuyo LSB ocupa la última posición de la ITM (Fig. 2.5) [6].

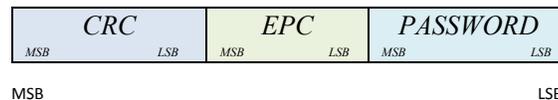


Fig. 2.5: Contenido y organización de la Memoria de Identificación de la Etiqueta (ITM) [6]

Las etiquetas Trolley Scan tienen un campo de memoria EPC de 64 bits de datos los cuales son mostrados mediante código ASCII (American Standard Code for Information Interchange) como: 0100TSDXX a 2000TSDXX donde 0100 es la clase de objeto equivalente al número de producto, TS es el fabricante, D es el número de serie y XX la versión [7].

2.4.1. Sensibilidad

La sensibilidad es la potencia mínima requerida por el chip para poder energizarse y enviar una respuesta hacia el lector. En las etiquetas Trolley Scan la sensibilidad es variada, pero la selección adecuada depende del tipo de aplicación en la cual van a ser utilizadas. Se debe considerar que el valor de sensibilidad en las etiquetas dado en Watts o dBm es inversamente proporcional a su rango de lectura, lo que resulta, que etiquetas con una sensibilidad de 1uW van a poder ser leídas a una distancia de 30m aproximadamente, mientras que etiquetas con una sensibilidad de 1mW son leídas a una distancia de 1.5m.

2.5. Características de las antenas

Las características que deben cumplir las antenas para mantener una comunicación óptima entre lector-etiquetas y viceversa, es que la energía radiada este distribuida en el área a monitorear, ya que de esto depende en gran medida el éxito de lectura de las etiquetas. Como se menciono anteriormente el lector posee

dos puertos de conexión, tanto para la antena transmisora (Energizador) y receptora (Sensor); la una es la que transmite la energía de RF (radio frecuencia) hacia las etiquetas, mientras que la otra es la encargada de recibir la energía transmitida desde las etiquetas hacia el lector. Considerando estas características se tiene algunos tipos de antenas que pueden cumplir con el propósito de lectura señalado, las cuales son:

- Yagi
- Panel
- Dipolo

La selección para la lectura de etiquetas es la antena tipo yagi, esto por poseer una ganancia genérica superior a los 8 dBi (dependiendo del número de elementos que componen la antena, así como su espaciado y diámetro) en comparación a los 2.15 dBi que tiene el dipolo. En cuanto a la comparación con la antena tipo panel, esta última resulta ser una mejor opción ya que puede tener la misma ganancia de una yagi de tres elementos, sus dimensiones físicas son inferiores y además puede tener una polarización circular y no lineal como la polarización de la yagi, lo que resulta beneficioso para la aplicación de monitoreo, pero debido a su costo superior en un 100% en comparación a la yagi y por ser el proyecto un prototipo se seleccionó esta última.

También se estudio la posibilidad de utilizar reflectores tipo diedro en un dipolo, y con ello poder obtener una ganancia superior a la que se tiene con un reflector como el de la yagi, pero debido a las dimensiones físicas y la estética dentro del laboratorio se descarto esta posibilidad. Para el caso de las etiquetas, estas ya poseen en su interior una antena tipo dipolo con la que transmiten la información hacia la antena del lector (sensor).

Para el cálculo de los distintos elementos que componen la antena yagi como son: el reflector, directores y dipolo se ha utilizado los valores mostrados en la Tabla 2.2, en la cual también se muestra el valor de las variables como el número de elementos, el espaciado entre ellos y su respectivo diámetro. También se muestra el valor de la ganancia que tiene la antena, la misma que depende básicamente del número de elementos que la componen [8].

Tabla 2.2: Parámetros para el diseño de antena yagi [8]

Nº de elementos	Longitud de onda ($\lambda = c / f_c$)					Ganancia (dB)
	Espaciado	Diámetro del conductor	Reflector	Dipolo	Directores	
4	0.25	0.02	0.4771	0.4411	0.4315	11.2

2.5.1. Patrones de radiación de antenas

Estos indican cómo se distribuye la energía electromagnética en el espacio. Al utilizar diferentes tipos de antenas como la yagi y el dipolo, su patrón de radiación es diferente, tal como se muestra en las simulaciones realizadas en FEKO (Fig. 2.6) y (Fig. 2.7).

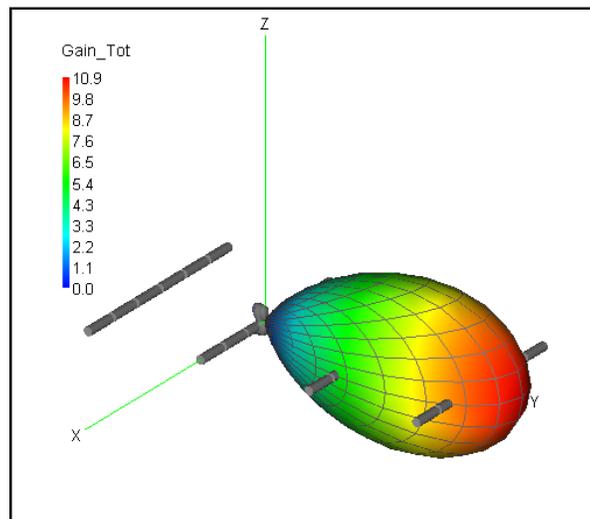


Fig. 2.6 Patrón de radiación de una antena yagi de 4 elementos

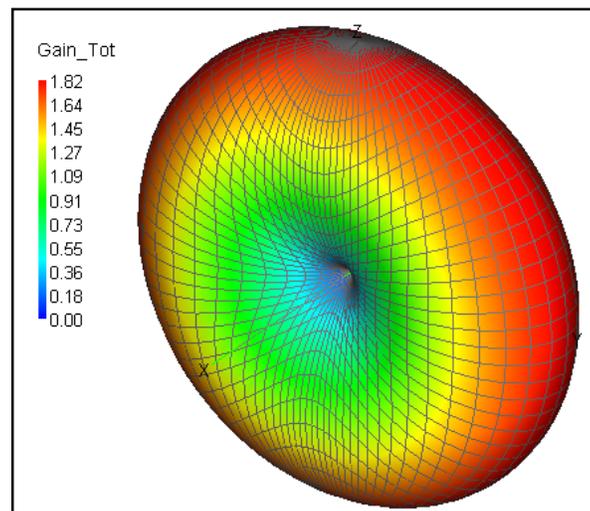


Fig. 2.7 Patrón de radiación del dipolo

2.6. Rangos de lectura

El rango de lectura que tiene el equipo Trolley Scan se lo puede determinar considerando parámetros como potencia de transmisión del lector que varía de 0.3 a 4 dBm, ganancia de antenas en la transmisión y recepción, el margen de enlace, pérdidas tanto en conectores como en el trayecto y la sensibilidad que tiene la etiqueta a utilizarse que es de 1mW o 0dBm.

Se puede utilizar algunos modelos de propagación para determinar las pérdidas existentes en el trayecto lector-etiqueta y con ello estimar la distancia real de lectura, por lo que el modelo seleccionado es el de propagación para interiores (Rec. UIT-R P.1238-2) [9], debido a que en este se considera parámetros que se pueden presentar en el prototipo de monitoreo e inventario electrónico.

2.6.1. Modelo de propagación para interiores (Rec. UIT-R P.1238-2)

En este modelo las pérdidas existentes se pueden calcular con la siguiente ecuación:

$$L_{dB} = -20\log(\lambda) + 20\log(4\pi) + N\log(d) \quad (2.1)$$

Donde:

N : Coeficiente de pérdida de potencia debida a la distancia, cuyo valor cuando no atraviesa paredes es igual a 20 [10].

λ : Longitud de onda en metros para la frecuencia de operación (915 MHz).

d : Distancia en metros.

2.6.2. Margen de enlace considerando características de los componentes Trolley Scan RFID

El margen de enlace se lo calcula considerando los parámetros tanto del lector, etiquetas y antenas, para de esta forma obtener los rangos de lectura que deberán existir teóricamente entre las antenas del lector y las etiquetas. Estos parámetros son (Tabla 2.3).

Tabla 2.3: Parámetros de los dispositivos Trolley Scan

Parámetro	Valor
PIRE del lector	(Min 26.59897 Max 36.00206) dBm
Ganancia de antena de la etiqueta	2.15dBi
Sensibilidad de etiquetas	0dBm

El margen de enlace a considerar para la comunicación lector etiquetas esta dado por la ecuación (2.2).

$$M_L = \underbrace{PIRE - L_{path} + G_{Rx}}_{\text{Potencia en el receptor}} - TH_{Rx} \quad (2.2)$$

$$PIRE = G_{Tx} + P_{Tx} - L_{cables y conectores} \quad (2.3)$$

Donde:

$PIRE$: Potencia radiada isotrópica efectiva [dBm]

L_{path} : Pérdidas para modelo de propagación para interiores de la UIT [dB]

G_{Rx} : Ganancia en la recepción [dB]

TH_{Rx} : Umbral de recepción de las etiquetas [dBm]

Por lo que graficando la potencia presente en el receptor en función de la distancia (Fig. 2.8) finalmente la variación es:

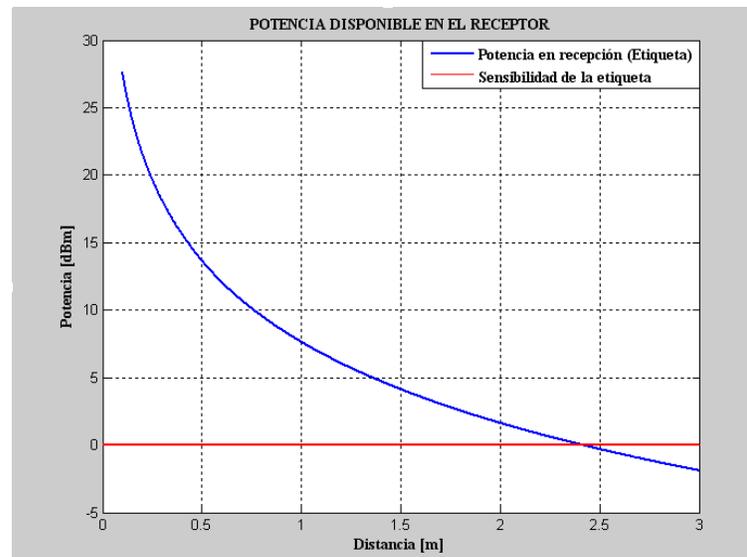


Fig. 2.8: Gráfica de potencia disponible en el receptor en función de la distancia de lectura para etiquetas de 1mW

La figura anterior muestra la relación que existe entre la potencia disponible en recepción en función de la distancia de lectura (lector-etiqueta), en el cual conforme se incrementa la distancia, dicha potencia presente en recepción va disminuyendo, esto debido a las pérdidas existentes en la propagación. Por lo que la máxima distancia teórica que se puede alcanzar es de 2.4m, ya que en este punto es donde la potencia disponible en recepción es la mínima potencia que requiere la etiqueta para energizar su chip (sensibilidad).

3. CAPITULO 3. IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO E INVENTARIO ELECTRÓNICO PARA EL LABORATORIO DE LA EET DE LA UTPL

3.1. Generalidades

Para una correcta implementación del sistema de monitoreo e inventario electrónico, es necesario considerar una ubicación estratégica de los equipos que realizan dicha actividad puesto que de ello depende en gran medida el éxito de lectura de las etiquetas, esto para el caso de ubicación de las antenas del lector. Así mismo permitirá que dichos equipos pasen inadvertidos para los usuarios y de esta forma exista comodidad y estética dentro del laboratorio, evitando además la pérdida o daños físicos de estos equipos.

El esquema general del sistema de monitoreo e inventario electrónico a implementarse (Fig. 3.1) se muestra a continuación:

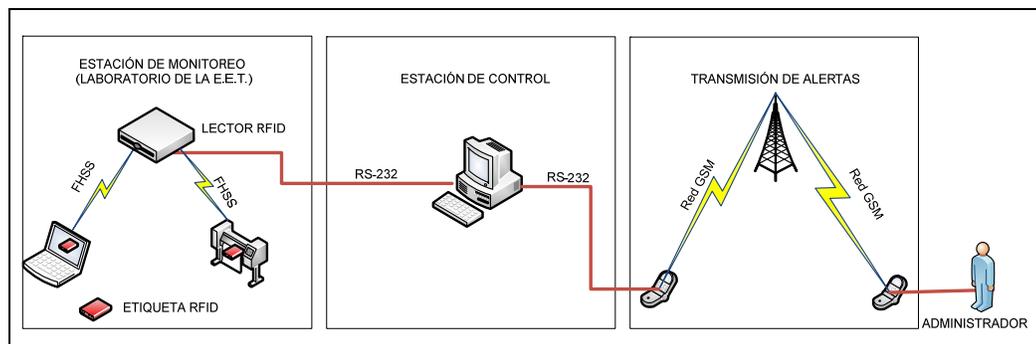


Fig. 3.1: Esquema general del sistema de monitoreo e inventario electrónico

3.2. Adquisición de datos

Una vez etiquetados los equipos del laboratorio y la energía electromagnética radiada por las antenas del lector cubriendo su entrada-salida, es posible que el lector pueda interactuar con las etiquetas, de tal forma que cuando un equipo abandona las instalaciones del laboratorio el código leído va a poder ser transferido desde el lector hacia el PC de control para que dicho código pueda ser analizado y se tomen las respectivas medidas del caso, en el supuesto de que exista una irregularidad.

3.3. Software para manejo de información

Una vez que el lector obtiene la información de las etiquetas, esta es transferida a través del cable serial hacia el PC para que pueda ser procesada en el software desarrollado en LabView. Este software está diseñado por etapas, de tal forma que la información sea tratada secuencialmente de acuerdo a la visualización, control y transmisión, permitiendo así corregir errores de forma sencilla en caso de presentarse.

3.3.1. Bloque de visualización y control

El bloque de visualización y control básicamente consta de varias ventanas que son mostradas al usuario como:

- Equipos presentes en el laboratorio
- Equipos que salen con autorización de las instalaciones del laboratorio
- Equipos que salen sin autorización

3.3.1.1. Equipos presentes en el laboratorio

En esta ventana (Fig. 3.2) se muestran todos los equipos que se encuentran dentro del laboratorio. Cabe mencionar que las características relevantes de los equipos fueron almacenadas previamente en una base de datos, por lo que al momento de inicializar el programa este se actualiza con la última base de datos guardada. Así mismo en esta base de datos se considera que cada equipo contiene una etiqueta de RFID la cual servirá para identificar a cada uno de ellos.

SISTEMA DE MONITOREO E INVENTARIO ELECTRÓNICO
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

13:00:23
28/11/2009

EQUIPOS PRESENTES

CODIGO	SERIAL ÚTIL	SELECCIONADO	DESCRIPCIÓN	PART N
1800TSD78	17403390001	OSCILOSCOPIO1	OSCILOSCOPIO DE 10MHz	1471B
1700TSD78	99201010006	MONITOR4	MONITOR4	L1710L.CD17PULG
1600TSD78	99201010009	IMPRESORA1	IMPRESORA1	L1710L.CD17PULG
1300TSD78	99101010006	CPU4	CPU4	DC-780088446
1000TSD78	99101010006	CPU1	CPU1	DC-780088446
0900TSD78	122788E	NE-ELVIS8	NE-ELVIS8	189323F-01
0800TSD78	122787A	NE-ELVIS7	NE-ELVIS7	189323F-01
0700TSD78	122788A1	NE-ELVIS6	NE-ELVIS6	189323F-01
0600TSD78	122786C	NE-ELVIS5	NE-ELVIS5	189323F-01
0500TSD78	1227846	NE-ELVIS4	NE-ELVIS4	189323F-01
0400TSD78	1227878	NE-ELVIS3	NE-ELVIS3	189323F-01
0100TSD78	1227874	NE-ELVIS1	NE-ELVIS1	189323F-01

Fig. 3.2: Ventana de equipos presentes en el laboratorio

3.3.1.2. Equipos que salen con autorización de las instalaciones del laboratorio

Para que un equipo salga con autorización de las instalaciones del laboratorio, es necesario que el administrador ingrese al enlace préstamo y previo registro del nombre de usuario y contraseña, introducir el código del equipo de tal forma que el software extraiga su información de la base de datos de equipos presentes para ubicarlos en la base de datos de equipos prestados, permitiendo la salida de dicho equipo sin que el software lo detecte como una irregularidad, además de registrar y guardar el nombre de la persona que ingreso sus datos de usuario y contraseña (Fig. 3.3).

SISTEMA DE MONITOREO E INVENTARIO ELECTRÓNICO
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

13:01:04
28/11/2009

EQUIPOS PRESTADOS

CODIGO	SERIAL ÚTIL	SELECCIONADO	DESCRIPCIÓN	PART N	FECHA	HORA	ENCARGADO
1400TSD78	99201010006	MONITOR1	MONITOR1	L1710L.CD17PULG	10/11/2009	12:49:48	INV. MARCO MEGUCHO
1100TSD78	99101010007	CPU2	CPU2	DC-780088446	25/11/2009	12:02:48	INV. BYRON MALZA

Fig. 3.3: Ventana de equipos prestados

3.3.1.3. Equipos que salen sin autorización

Cuando un equipo sale sin autorización del laboratorio, el software automáticamente detectara esta anomalía, puesto que siempre busca el código leído en la base de datos de equipos presentes, de tal forma que al encontrarlo, extrae el código del equipo con sus características de esta base de datos y lo almacena en la base de datos de equipos faltantes (equipos que salen sin autorización) (Fig. 3.4).

CODIGO	SERIAL LITPL	SEUDONIMO	DESCRIPCIÓN	PART N	FECHA	HORA
2000TSD078	17501370001	GENERADOR1	GENERADOR DE FUNCIONES	AC124702*	10/11/2009	12:50:19
1500TSD078	99201000000	MONITOR2	MONITOR2	L1710LCD17PA	10/11/2009	12:58:42
1200TSD078	99101010009	CPU3	CPU3	DC78008M#*	10/11/2009	12:53:03
0300TSD078	1227878	NE-ELVES2	NE-ELVES2	18932F-01*	10/11/2009	12:59:16

Fig. 3.4: Ventana de equipos que salieron sin autorización

Todas las ventanas mostradas anteriormente permiten al administrador visualizar de forma fácil y sencilla los equipos presentes, prestados y que salieron sin autorización. Adicionalmente la ventana principal del software cuenta con enlaces, que son de gran utilidad para una búsqueda rápida de un determinado equipo, o para ayuda general del sistema.

3.3.2. Transmisión de alertas

Cuando el software detecta la salida de un equipo sin autorización, este envía una serie de comandos hacia el modem de un terminal móvil (celular), para que este pueda transmitir la alerta hacia el administrador vía SMS con la información del equipo que salió de las instalaciones del laboratorio. Los comandos enviados hacia el terminal móvil desde el software junto con la información relevante del equipo son los comandos conocidos como AT (ATtention).

3.3.2.1. Comandos AT para mensajería

Los comandos AT son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre un PC y un modem, aunque esta es su finalidad, la telefonía móvil GSM también ha adoptado como estándar estas instrucciones para así poder comunicarse con sus terminales. Por esta razón los fabricantes han incluido en el hardware de sus celulares un modem que cumple las mismas funciones que un modem comercial y han estandarizado una lista de comandos AT que sirven de interfaz para configurar y proporcionar instrucciones a sus terminales, tales como: realizar una llamada de voz, leer o escribir en la agenda de contactos, enviar mensajes SMS, y verificar el estado del teléfono [11].

Para la elección del dispositivo móvil celular adecuado en la implementación del prototipo de monitoreo e inventario, se han considerado funcionalidades como: soporte de comandos AT, puerto de conexión, precio y disponibilidad. Aunque existe variedad de modelos de distintos fabricantes como Nokia, Sony Ericsson, Siemens, entre otros, que pueden cumplir con los parámetros requeridos, las pruebas se realizaron con dispositivos móviles celulares de la marca Nokia modelo 3220 y 6200, esto por cumplir con los requerimientos anteriormente mencionados y principalmente por disponibilidad de los mismos, aunque finalmente el equipo utilizado en esta aplicación fue el Nokia 3220 debido a que comercialmente su costo es inferior en un 40% al Nokia 6200. Cabe mencionar que para verificar si un determinado modelo de teléfono celular es compatible con comandos AT, es necesario consultarlo en la hoja de especificaciones de dicho teléfono que otorga el fabricante.

En el dispositivo seleccionado la conectividad se realiza a través del protocolo FBUS que es un protocolo utilizado por Nokia, el cual realiza la comunicación teléfono-PC en modo full dúplex a velocidades iguales o superiores a 9600bps. La comunicación utiliza un pin para la transmisión (FBUS-Tx), y otro para la recepción (FBUS Rx), además de un pin de referencia (GND) [12]. Estos pines se encuentran disponibles en el puerto popport del mismo teléfono (Fig. 3.5).

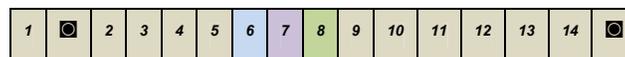


Fig. 3.5: Popport del celular Nokia 3220

Este puerto dispone de 14 pines (Tabla 3.1) los cuales desempeñan diferentes funciones tal como se muestra a continuación:

Tabla 3.1: Número y descripción de los pines del Nokia 3220 [13]

Número de Pin	Nombre del Pin	Descripción
1	<i>Vin</i>	<i>Voltaje de entrada</i>
2	<i>GND</i>	<i>Tierra</i>
3	<i>ACI</i>	<i>Interfaz para control de accesorio</i>
4	<i>Vout</i>	<i>Voltaje de salida de baja corriente</i>
5	<i>USB Vbus</i>	<i>Alimentación USB</i>
6	<i>FBus Rx/USB D+</i>	<i>Recepción de datos</i>
7	<i>FBusTx/USB D-</i>	<i>Transmisión de datos</i>
8	<i>GND</i>	<i>Tierra</i>
9	<i>Xmic-</i>	<i>Entrada de audio negativa</i>
10	<i>XMic+</i>	<i>Entrada de audio positiva</i>
11	<i>HS Ear L-</i>	<i>Salida de audio izquierda negativa</i>
12	<i>HS Ear L+</i>	<i>Salida de audio izquierda positiva</i>
13	<i>HS Ear R-</i>	<i>Salida de audio derecha negativa</i>
14	<i>HS Ear R+</i>	<i>Salida de audio derecha positiva</i>

De lo cual la interacción entre el PC y el celular se realiza mediante la utilización de los pines 2,6 y 7.

Cabe mencionar que la implementación de los comandos AT es por cuenta del dispositivo GSM y no depende del canal de comunicación a través del cual estos comandos son enviados. El canal utilizado para la transmisión de los comandos AT en el prototipo de monitoreo e inventario electrónico es el cable serial, esto por características del dispositivo móvil celular, sin embargo también se puede utilizar bluetooth o un canal infrarrojo para otros dispositivos que tengan integrados estos servicios.

La interacción entre el teléfono celular Nokia 3220 y el PC además del cable serial utiliza un circuito compuesto por un integrado MAX 232 el cual servirá para convertir los niveles de voltaje del cable serial (+-15V) a niveles TTL, puesto que son necesarios para que el modem del teléfono celular pueda reconocer los comandos AT como instrucciones. El circuito utilizado para la conversión (Fig. 3.6) se muestra a continuación:

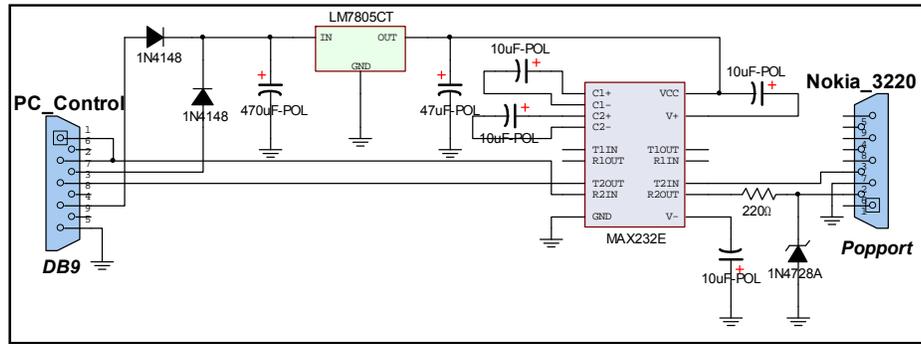


Fig. 3.6: Circuito para interfaz (Popport) Nokia 3220-PC [14]

En condiciones normales de operación, cuando el MAX232 es alimentado por un voltaje constante de 5 voltios, la salida TTL para un cero lógico es 0 voltios, y para un 1 lógico es 5 voltios, sin embargo para el circuito de conversión el MAX 232 está alimentado por el voltaje variable de las líneas DTR (Data Terminal Ready) y RTS (Request to Send) por lo que el voltaje va a ser de aproximadamente 3V. La adición de un regulador 78L05 es necesario para limitar el voltaje en los pocos segundos en que las señales DTR y RTS están activas, es decir cuando alcanzan valores cercanos a los 12 voltios [14]. Los niveles de voltaje estándares necesarios para la alimentación del modem celular (Tabla 3.2) son:

Tabla 3.2: Niveles de voltaje para modem celular [14]

Nivel lógico	Mínimo (Voltios)	Máximo (Voltios)
1	2	2.85
0	0	0.8

Por lo que los 3V que se obtiene a la salida del MAX 232 son suficientes para que el modem del teléfono celular funcione correctamente.

Los comandos AT más utilizados para la comunicación PC-modem (terminal móvil celular) (Tabla 3.3) se muestran a continuación:

Tabla 3.3 Comandos AT más utilizados para la comunicación PC-modem (terminal móvil-celular)

Comando	Descripción
ATD+#teléfono	Inicializa una llamada
AT+CSQ	Calidad de la señal
AT+CPAS	Indica si esta activo el equipo
AT+CMGR=1	Lee un mensaje almacenado
AT+CMGF=1 AT+CSCA = "numero de centro de sms" AT+CMGS= "numero de destino" Escribir mensaje+ctrl-Z+enter	Instrucciones a seguir para envío de mensaje a la red

3.3.3. Algoritmo de implementación

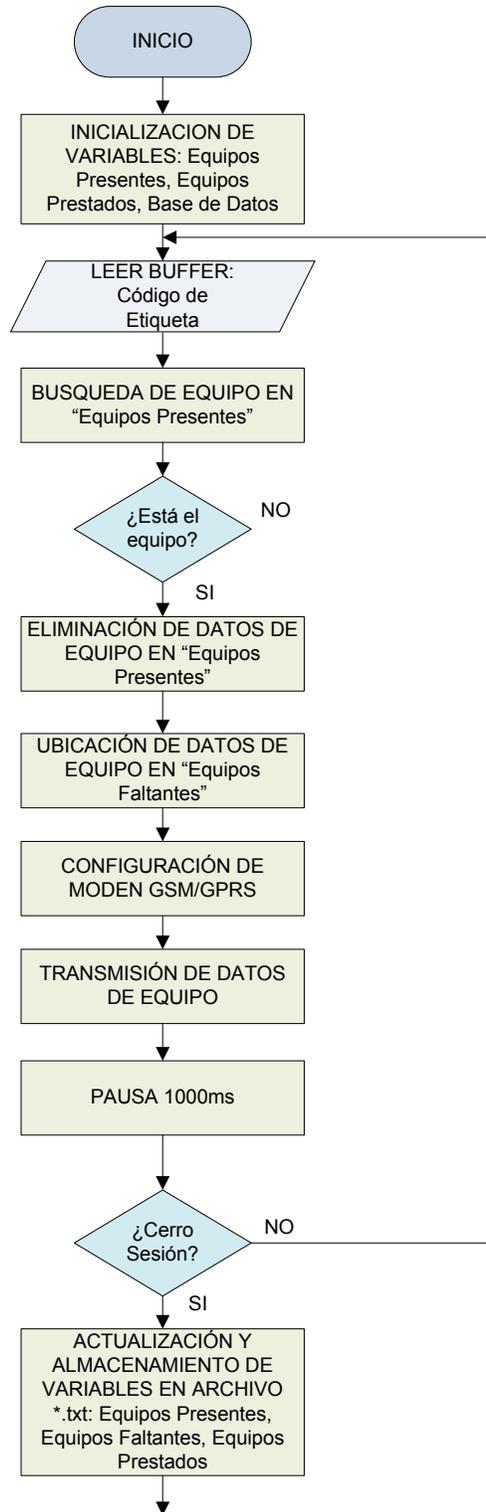
A continuación se muestran los diferentes flujogramas utilizados en el desarrollo del software antes descrito, estos se encuentran divididos en varias secciones, considerando las principales funciones que realiza el software.

En el flujograma (3.1) se muestra los pasos seguidos para el control de entrada y salida de equipos sin autorización.

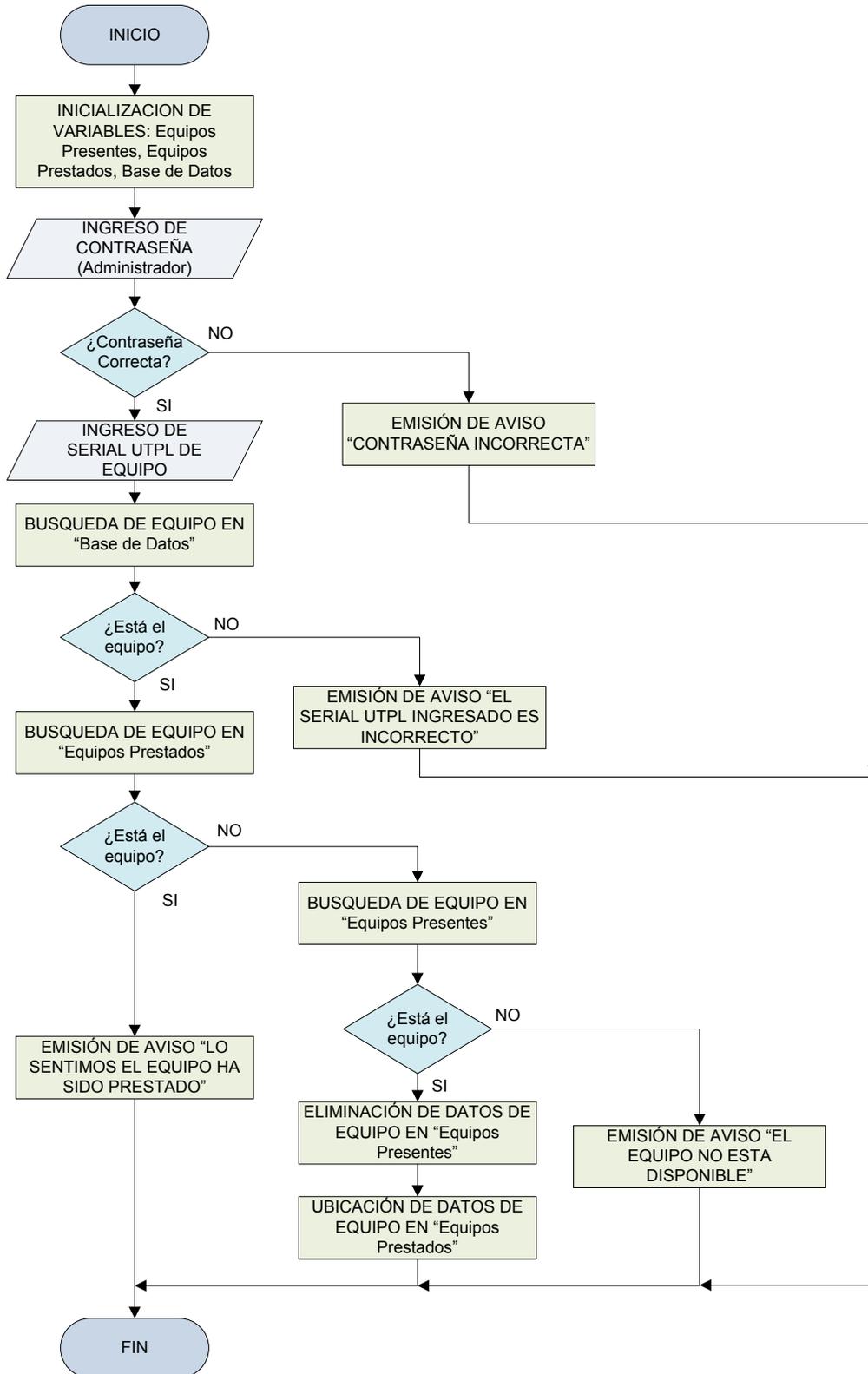
En el flujograma (3.2) se muestra la lógica para la salida de equipos laboratorio con autorización del administrador.

En el flujograma (3.3) se muestra la lógica para devolución de equipos.

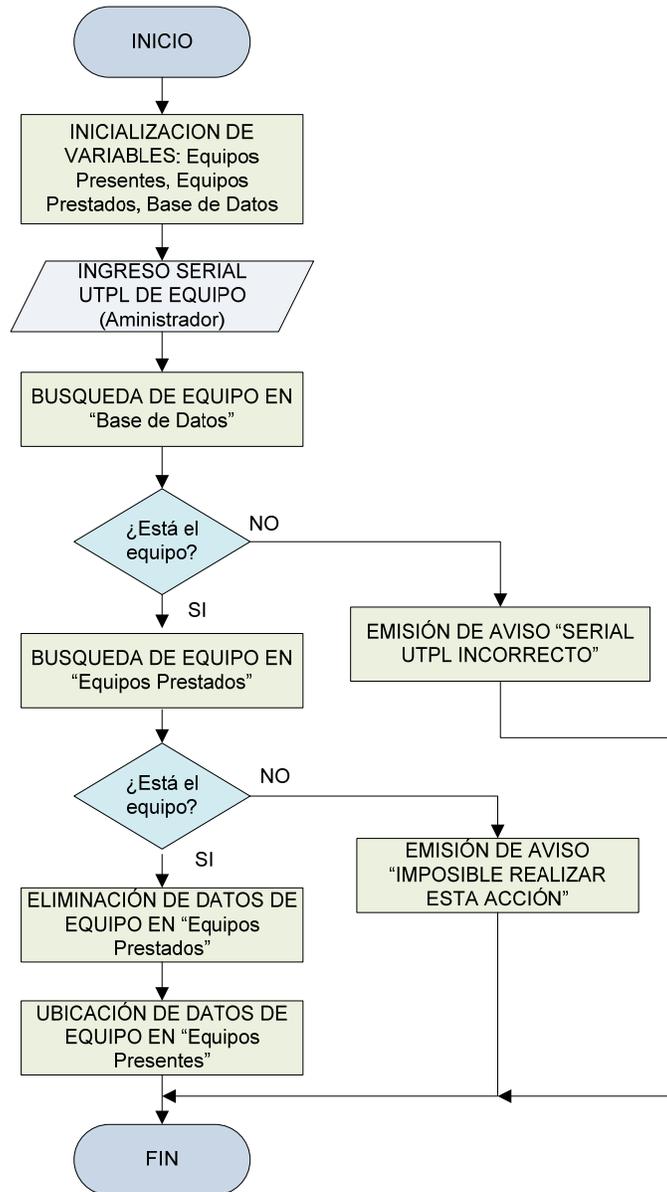
Y finalmente en el flujograma (3.4) se muestra la lógica para la búsqueda rápida de equipos (inventario electrónico).



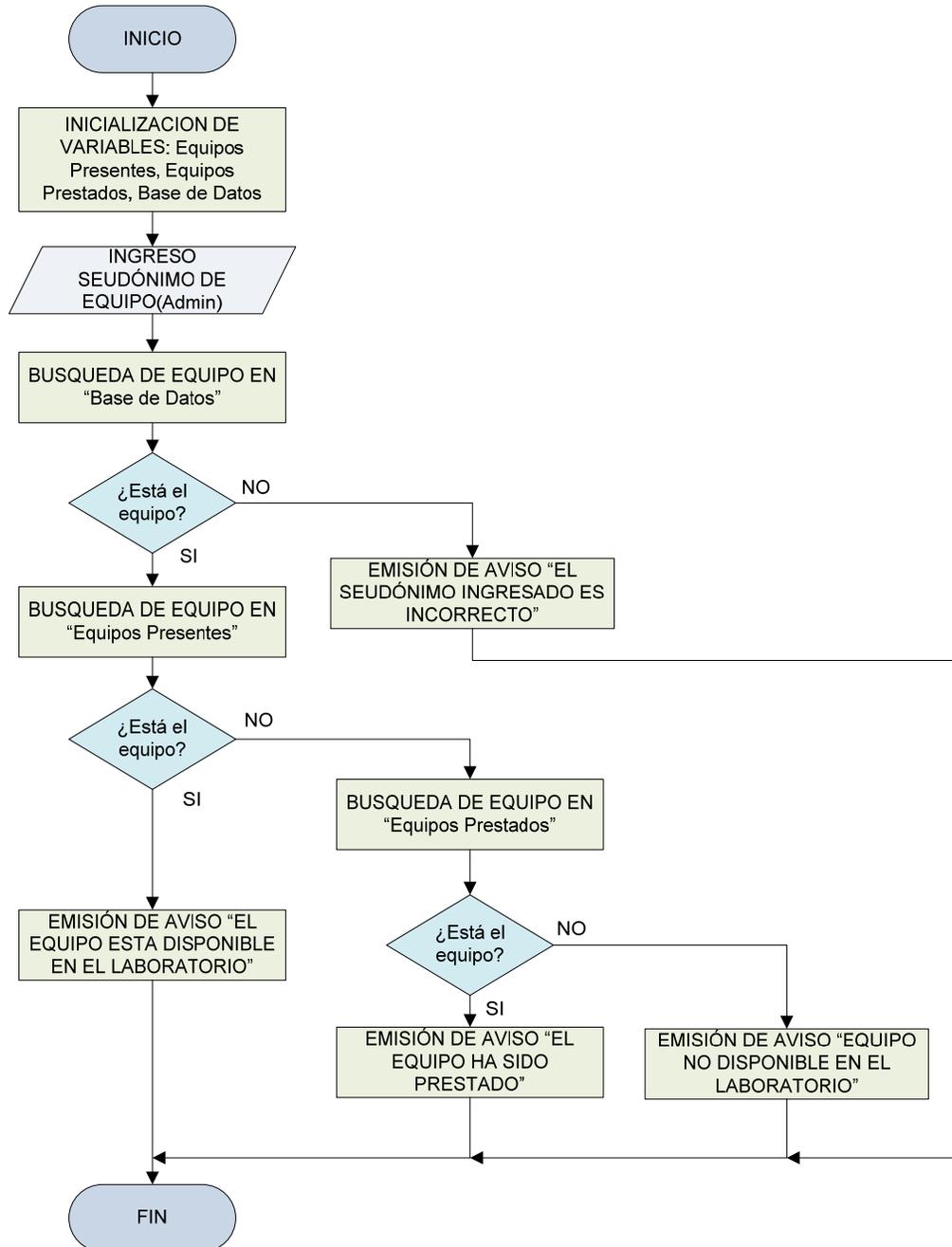
Flujograma 3.1: Algoritmo de control de entrada y salida de equipos sin autorización



Flujograma 3.2: Algoritmo para salida de equipos con autorización del administrador (Equipos prestados)



Flujograma 3.3: Algoritmo de devolución de equipos



Flujograma 3.4: Algoritmo para búsqueda rápida de equipos (inventario electrónico)

4. CAPITULO 4. PRUEBAS Y VERIFICACIÓN DEL SISTEMA

4.1 Pruebas experimentales

Las pruebas de verificación del sistema se las realizó considerando varias alternativas en cuanto a la ubicación de las antenas del lector, exposición de etiquetas en diferentes escenarios y la distancia de las antenas con respecto al usuario el momento que este sale con un equipo del laboratorio. Cabe mencionar que el proyecto al ser un prototipo tiene algunas limitantes en cuanto a la lectura de etiquetas sobre metal, por lo que las pruebas se las realizó solamente con equipos con cubierta de plástico.

Las pruebas se han realizado con 16 y 17 etiquetas para pruebas pares e individuales respectivamente, esto considerando un total de 40 equipos en el laboratorio (Anexo 5) [15]. Cabe recalcar que el número total de equipos es mayor sin embargo debido a la disponibilidad de etiquetas solamente se consideraron 40, para así obtener una muestra de 17 etiquetas.

La distancia seleccionada que deberá existir entre las antenas del lector y un usuario el momento que este sale del laboratorio es de 50cm, esto debido a condiciones de lectura para los diferentes escenarios que se han considerado, los cuales son:

- Etiqueta sujeta en la mano
- Etiqueta en el interior de mochila (parte frontal de usuario)
- Etiqueta en el interior de mochila (parte posterior de usuario)
- Etiqueta en el interior de caja de cartón
- Etiqueta en el interior de equipo de laboratorio
- Etiqueta en el interior de mochila con equipo de laboratorio

4.1.1 Prueba experimental 1

Esta prueba se la realizó ubicando las antenas del lector en la parte inferior izquierda de la entrada-salida del laboratorio, con respecto a la parte interna del mismo, separadas verticalmente a una distancia de 16cm entre ellas y 66cm con respecto al suelo por parte de la antena transmisora tal como se muestra en el Anexo 6 y 7.

Luego de someter las etiquetas a los diferentes escenarios descritos anteriormente se obtuvo los siguientes resultados (Tabla 4.1).

Tabla 4.1: Porcentaje de detección de etiquetas (prueba 1)

Escenario	1 Etiqueta	2 Etiquetas
<i>Sujetada en la mano</i>	100%	94%
<i>Interior de mochila (parte frontal de usuario)</i>	100%	50%
<i>Interior de mochila (parte posterior de usuario)</i>	76%	44%
<i>Interior de caja de cartón</i>	94%	81%
<i>Interior de equipo de laboratorio</i>	82%	56%
<i>Interior de mochila con equipo de laboratorio</i>	82%	81%

Cuando las etiquetas son llevadas en la mano se obtiene un porcentaje de detección del 100 y 94%, lo que resulta que de las 17 etiquetas que pasaron por la puerta se detectaron todas para el primer caso y para el segundo de las 16 etiquetas que pasaron solamente se detectaron 15. Estos porcentajes son altos debido a que las interferencias son casi nulas, ya que existe línea de vista entre lector-etiqueta. Sin embargo si las etiquetas son llevadas en la mano derecha el porcentaje de lectura es del 0% debido a la absorción, difracción y reflexión de las ondas electromagnéticas en el cuerpo del usuario.

Cuando las etiquetas son llevadas dentro de una mochila en la parte frontal de un usuario el porcentaje de detección es del 100% para el caso de una etiqueta, pero para dos etiquetas se disminuye en un 50%, lo que significa en este último que de las 16 etiquetas solamente se detectaron 8, esto debido a las interferencias que existen entre ellas, además de las pérdidas causadas por la difracción y absorción de las ondas electromagnéticas en el cuerpo del usuario.

Cuando la mochila es llevada en la parte posterior de un usuario el porcentaje de detección varía significativamente con respecto a llevarla en la parte frontal, esto debido a que cuando una persona sale de las instalaciones, la energía radiada por las antenas es absorbida, reflejada y refractada por el cuerpo del usuario, produciendo un porcentaje de error del 24% en una etiqueta lo que significa que de las 17 etiquetas solamente se detectaron 13, mientras que para dos etiquetas de las 16 se detectaron 7 es decir un 44%.

Cuando las etiquetas son llevadas en el interior de una caja de cartón el porcentaje de detección para una etiqueta es del 94%, es decir se detectaron 16 de 17 que pasaron, mientras que para dos etiquetas se tuvo un 81% de detección, por lo que de las 16 etiquetas se detectaron 13, al igual que los casos anteriores se tiene problemas en el caso de leer más de una etiqueta, esto debido a las interferencias existentes entre ellas.

Cuando el usuario sale con equipos del laboratorio se tiene un porcentaje de detección del 82 y 56% para el caso de uno y dos equipos respectivamente, en el primer caso significa que de las 17 etiquetas se detectaron 14, mientras que para el segundo de las 16 etiquetas se detectaron 9, puesto que en algunos casos el momento que el usuario pasa con un equipo en sus brazos, la polaridad en la antena de la etiqueta no es la misma que las antenas del lector, por lo que hace que el porcentaje de detección no sea del 100% además de que existen reflexiones y pérdidas por el material del equipo (coeficiente dieléctrico) y las interferencias existentes en el medio.

Cuando se lleva equipos en el interior de la mochila el porcentaje de detección es del 82% de tal forma que se detectan 14 de los 17 equipos, mientras que para pruebas cuando se pasa con dos etiquetas el porcentaje de detección es del 81%, resultando que de las 16 etiquetas se detectaron 13, por lo que se puede considerar que el porcentaje sigue siendo bajo en comparación al 100%, sin embargo es mayor que cuando se lleva el equipo directamente en los brazos, lo que deja como hipótesis que las reflexiones y refracciones existentes en la mochila y el equipo hacen que la etiqueta se energice correctamente.

El promedio general de lectura para una y dos etiquetas es del 89 y 68% respectivamente lo que implica que el porcentaje de detección con una etiqueta es superior en un 21%.

4.1.2 Prueba experimental 2

Esta prueba se la realizó ubicando las antenas del lector en la parte inferior izquierda de la entrada-salida del laboratorio, con respecto a la parte interna del mismo. La antena transmisora se la ubico a una distancia de 75cm con respecto al

suelo y la antena receptora a una distancia vertical de 100cm por encima de la anterior, tal como se muestra en el Anexo 6 y 8. De lo cual se obtuvo los siguientes resultados (Tabla 4.2).

Tabla 4.2: Porcentaje de detección de etiquetas (prueba 2)

Escenario	1 Etiqueta	2 Etiqueta
<i>Sujetada en la mano</i>	100%	75%
<i>Interior de mochila (parte frontal de usuario)</i>	100%	50%
<i>Interior de mochila (parte posterior de usuario)</i>	82%	44%
<i>Interior de caja de cartón</i>	82%	69%
<i>Interior de equipo de laboratorio</i>	59%	88%
<i>Interior de mochila con equipo de laboratorio</i>	65%	44%

Los resultados obtenidos al igual que el caso anterior muestran que los porcentajes más altos de lectura es cuando se lleva una etiqueta sujetada en la mano y en el interior de la mochila, esto debido igualmente a la línea de vista entre lector-etiqueta para el primer caso y debido a los parámetros en la propagación como: reflexión, difracción y refracción que existe en las ondas al penetrar la mochila permitiendo de esa forma energizar la etiqueta.

Para los casos de llevar dos etiquetas en el interior de mochila los valores más bajos son los de un 44% y 50% es decir que del total de 17 equipos no se están leyendo 9 y 8 respectivamente, este problema de lectura es debido a la absorción y refracción que tiene el cuerpo del usuario el momento que lleva la mochila junto a él y la interferencia entre etiquetas al estar en el mismo punto.

La absorción en el caso de llevar las etiquetas en la parte posterior, es mayor con respecto a la parte frontal, esto debido a la dirección en las que se encuentran ubicadas las antenas del lector el momento de hacer la lectura. Para los escenarios restantes los porcentajes de lectura se mantienen en un valor promedio de un 74% lo que implica que de un total de 17 etiquetas se están leyendo 13.

El promedio general de lectura en esta prueba, para una y dos etiquetas es del 81 y 62% respectivamente lo que implica que el porcentaje de detección es mayor con una etiqueta.

4.1.3 Prueba experimental 3

En esta prueba al igual que las anteriores las antenas del lector se encontraban ubicadas en la parte inferior interna del laboratorio. La antena transmisora se colocó a una distancia de 68cm con respecto al suelo y la antena receptora a una distancia vertical de 32cm por encima de la anterior tal como se muestra en el Anexo 6 y 9, cuyos resultados son mostrados en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3: Porcentaje de detección de etiquetas (prueba 3)

Escenario	1 Etiqueta	2 Etiquetas
<i>Sujetada en la mano</i>	100%	75%
<i>Interior de mochila (parte frontal de usuario)</i>	100%	69%
<i>Interior de mochila (parte posterior de usuario)</i>	76%	56%
<i>Interior de caja de cartón</i>	100%	69%
<i>Interior de equipo de laboratorio</i>	88%	81%
<i>Interior de mochila con equipo de laboratorio</i>	100%	81%

Los resultados obtenidos muestran que los porcentajes son exitosos para cuatro casos y un quinto relativamente bueno (88%), pero solamente cuando se lleva una etiqueta, ya que cuando se lleva dos en los escenarios del interior de mochila y sujetada en la mano el porcentaje disminuye significativamente en un 25% y 31% lo que implica que de 16 etiquetas solo se van a detectar 13 en el primer caso y 12 en el segundo caso.

El peor de los escenarios es cuando se lleva dos etiquetas en la parte posterior de la mochila (56%), ya que resulta que de 17 etiquetas llevadas, solamente va ser un posible detectar 9.

Los casos restantes mantienen un promedio de 74% lo que resulta en que de las 17 etiquetas llevadas solamente fueron detectadas 13.

El promedio general de lectura para una y dos etiquetas es del 94 y 79% respectivamente lo que implica que el porcentaje de detección, al igual que las pruebas anteriores, es mayor con una etiqueta.

Todos los porcentajes anteriores fueron tomados considerando como se menciono los parámetros de atravesar por la puerta de entrada-salida 16 etiquetas para pruebas pares y 17 etiquetas para pruebas impares (Anexo 10).

5. CAPITULO 5. ANÁLISIS DE COSTOS DEL SISTEMA

En el desarrollo de todo proyecto es de gran importancia determinar el monto de la inversión que se va a realizar, ya que de esto depende en gran medida la toma de decisiones por parte de las personas involucradas en su desarrollo. Por tal razón se presenta un análisis de los costos tanto de investigación, como de equipos necesarios para el desarrollo del proyecto de monitoreo e inventario electrónico con tecnología RFID.

5.1. Costos de los equipos

Considerando las diferentes etapas que conforman el proyecto a implementarse (monitoreo, control y transmisión de alertas) los equipos utilizados en cada una de ellas son los siguientes:

- Equipos RFID
- Equipos para control, interfaz de usuario y transmisión de alertas

5.1.1. Equipos RFID

El número de equipos RFID Trolley Scan necesarios para la implementación del proyecto son determinados considerando la cantidad de objetos a monitorear, ya que cada equipo deberá poseer una identificación de sus características, por lo que el número de etiquetas va a ser igual al número de equipos que se va a monitorear, sin embargo por tratarse de un prototipo solo se considera el costo de veinte etiquetas.

En cuanto al lector, dada la cantidad y las dimensiones físicas del laboratorio de la EET se ve la necesidad de utilizar un solo lector.

Tabla 5.1: Costo de equipos RFID

SISTEMA DE MONITOREO E INVENTARIO ELECTRÓNICO COSTO DE EQUIPOS RFID			
Cantidad	Descripción	P. Unitario(USD)	P. Total (USD)
1	Lector Trolley Scan	600.00	600.00
20	Etiquetas Trolley Scan	2.50	50.00
2	Antenas Yagi	30.00	60.00
10	Conectores NBC	1.00	10.00
8m	Cable RG 223	0.70	5.60
1	Chasis para dispositivos RFID	20.00	20.00
SUBTOTAL			745.60
IVA 12%			89.47
TOTAL			835.07

5.1.2. Equipos para control, interfaz de usuario y transmisión de alertas

En este punto se incluyen aquellos equipos necesarios para el control de los datos recibidos por el lector de RFID como es el PC así como los diferentes equipos utilizados para la transmisión de alertas como son los celulares Nokia 3220 y el respectivo paquete de mensajes contratado mensualmente a la operadora de telefonía celular. El paquete incluido en la Tabla 5.2 es el de 90 mensajes escritos mensuales.

Tabla 5.2: Costo de equipos para interfaces de usuario y transmisión de alertas

SISTEMA DE MONITOREO E INVENTARIO ELECTRÓNICO COSTO DE EQUIPOS PARA INTERFACES DE USUARIO Y TRANSMISIÓN DE ALERTAS			
Cantidad	Descripción	P. Unitario(USD)	P. Total(USD)
1	Computador personal	500.00	500.00
2	Celulares	40.00	80.00
1	Paquete de mensajes mensuales(PORTA)	3.00	3.00
-----	Componentes electrónicos	10.00	10.00
SUBTOTAL			593.00
IVA (12%)			71.16
TOTAL			664.16

5.2. Costos de investigación

Dentro de este punto se considera el tiempo empleado tanto en la investigación, desarrollo de software y elaboración del hardware para la implementación del sistema (Tabla 5.3).

Tabla 5.3: Costo de investigación

SISTEMA DE MONITOREO E INVENTARIO ELECTRÓNICO COSTO DE INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA	
<i>Descripción</i>	<i>P. Total(USD)</i>
<i>Estudio sobre monitoreo e inventario electrónico</i>	800.00
<i>Desarrollo del software de monitoreo e inventario electrónico</i>	800.00
<i>Licencia de software</i>	1200.00
SUBTOTAL	2800.00
IVA (12%)	336.00
TOTAL	3136.00

5.3. Costos totales de implementación del sistema

Finalmente los costos totales para la implementación del sistema resultan de sumar aquellos valores considerados anteriormente como se muestra (Tabla 5.4).

Tabla 5.4: Costo total de implementación

SISTEMA DE MONITOREO E INVENTARIO ELECTRÓNICO COSTO TOTAL DE IMPLEMENTACIÓN	
<i>Descripción</i>	<i>Valor(USD)</i>
<i>Equipos RFID</i>	835.07
<i>Equipos para interfaces de usuario y transmisión de alertas</i>	664.16
<i>Costo de investigación del sistema</i>	3136.00
TOTAL	4635.23

Adicionalmente se puede obtener el valor comercial del prototipo teniendo en cuenta que el costo de investigación del sistema se paga una sola vez por lo que al financiar este costo a un año y considerar que se va a vender dos veces al mes, el valor comercial del sistema de monitoreo e inventario electrónico se reduce notablemente (Tabla 5.5).

Tabla 5.5: Valor comercial del sistema de monitoreo e inventario electrónico

SISTEMA DE MONITOREO E INVENTARIO ELECTRÓNICO VALOR COMERCIAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN	
<i>Descripción</i>	<i>Valor(USD)</i>
<i>Equipos RFID</i>	835.07
<i>Equipos para interfaces de usuario y transmisión de alertas</i>	664.16
<i>Costo de investigación del sistema (1 año)</i>	130.66
TOTAL	1629.90

5.4. Comparación con otros sistemas de seguridad

A continuación se presenta una comparación de costos del sistema de monitoreo e inventario electrónico con otros sistemas de seguridad (Anexo 11) disponible en el mercado (Tabla 5.6).

Tabla 5.6: Comparación con otros sistemas de seguridad

SISTEMA DE MONITOREO E INVENTARIO ELECTRÓNICO VALOR COMERCIAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN	
Descripción	Valor(USD)
<i>Sistema de monitoreo e inventario electrónico</i>	1629.90
<i>Sistemas antihurto</i>	3248.00
<i>Sistemas antihurto para centros ópticos</i>	3030.38
<i>Antenas antihurto Ketec</i>	2700.00

Cabe mencionar que al sistema de monitoreo e inventario electrónico se le debe añadir un valor adicional de 1000 USD aproximadamente para un equipo RFID con mejores características (Sirit Infinity) que el utilizado a lo largo de este proyecto, ya que por tratarse de un prototipo no es apto para la lectura de etiquetas que se encuentren sobre varios materiales como por ejemplo el metal, sin embargo con la adquisición de un equipo adecuado para varios tipos de materiales el sistema sigue siendo rentable además de las múltiples ventajas adicionales que presenta el sistema RFID con respecto los otros sistemas de seguridad como se menciono anteriormente como por ejemplo el tener conocimiento de la identidad del equipo que abandona una determinada instalación, y la respectiva transmisión de alertas.

6. CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se ha diseñado e implementado un sistema de monitoreo e inventario electrónico a través del uso de tecnología RFID para los equipos de laboratorio de la Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones de la UTPL.
- Se realizó un inventario electrónico de todos los equipos del laboratorio de la EET, manteniendo información relevante de cada uno de ellos en una base de datos, sin embargo, para las pruebas del sistema de monitoreo e inventario, por ser un prototipo y por disponibilidad de etiquetas, solo se considero 17 equipos, todos ellos con cubierta de plástico debido a que las etiquetas utilizadas no son óptimas para equipos con cubierta de metal.
- Se desarrolló un software de monitorización basado en LabView para la visualización de equipos presentes, prestados y faltantes del laboratorio, manteniendo un registro de cada uno de ellos, cuando ingresan o salen del laboratorio con o sin autorización del administrador.
- Mediante el software de monitorización y transmisión de alertas se mantiene informado al administrador en tiempo real, a través de mensajes de texto, de la salida irregular de equipos del laboratorio.
- Las degradaciones producidas en la propagación de la señal emitida por el lector y etiqueta se deben principalmente a la reflexión de los objetos (incluidas paredes, suelo, cuerpo del usuario) y la difracción en torno a éstos dentro del laboratorio.
- El porcentaje promedio de lectura de todas las pruebas realizadas, es del 68% cuando se utilizaron dos etiquetas y del 88% para una etiqueta, lo que implica que de las 16 etiquetas son detectadas 11 en el primer caso, mientras que en el segundo de las 17 etiquetas son detectadas 15; para el

caso de dos etiquetas el porcentaje de detección es inferior en un 20% al de una etiqueta, esto debido a las interferencias existentes entre ellas, por lo que se concluye que a mayor número de etiquetas sobre el mismo campo energizado el porcentaje de detección se reduce.

- El rango de detección disminuye conforme aumenta la distancia entre la etiqueta y la antena del lector, esto debido a la atenuación existente en la propagación de ondas, produciendo que la energía incidente en la etiqueta no sea la suficiente como para energizar su chip, por tal motivo el sistema de monitoreo e inventario electrónico es válido solo para distancias de lectura inferiores a los 70cm, esto considerando la utilización de etiquetas de 1mW.
- En sistemas con tecnología RFID los porcentajes de lectura de etiquetas se incrementan utilizando una correcta distribución espacial de las antenas en el área sobre la cual va a estar actuando el sistema, por lo que de los resultados obtenidos se concluye que las antenas ubicadas en la tercera posición son la mejor opción para el laboratorio de la EET debido a que tienen un porcentaje de detección del 94 y 76% para pruebas con una y dos etiquetas respectivamente en comparación a los porcentajes del 89 y 68% de la primera prueba y del 81 y 62% de la segunda prueba.
- Con el envío de alertas a través de SMS utilizando el modem de un terminal móvil se optimiza recursos, ya que no es necesaria la implementación de una red para la comunicación emisor-receptor, debido a que se utiliza la red GSM ya disponible por parte de las operadoras celulares.

6.2. Recomendaciones

- Para aplicaciones de monitoreo y seguridad en donde la distancia a cubrir es inferior a 8 metros, como el caso de todo el laboratorio, se recomienda disponer de lectores y etiquetas diferentes a los utilizados en este prototipo, como puede ser el lector Sirit Infinity y para el caso de etiquetas se pueden utilizar las EPC Gen 2, debido a que este es uno de los últimos estándares globales para etiquetas RFID, lo que permite compatibilidad y escalabilidad con otros sistemas RFID, además de que existen etiquetas para ser adheridas a metal (Alien H3 World Metal Mount Brick) lo que resulta conveniente para el laboratorio, puesto que la mayor parte de los equipos tienen cubierta de metal.
- Al ser las antenas una parte fundamental en la lectura de etiquetas, es recomendable utilizar antenas con polarización circular para de esta forma maximizar la probabilidad de lectura, independientemente de la orientación espacial de las etiquetas.
- Considerando las dimensiones físicas del laboratorio y que el área monitorizada es la entrada-salida del mismo, para la mejora del sistema se recomienda la utilización de antenas adicionales ubicadas en las partes laterales, de tal forma que la energía radiada cubra todo el laboratorio, esto con el fin de realizar un barrido periódico y realizar una verificación constante de la presencia de equipos dentro del laboratorio.
- Una aplicación importante que consideramos podría darse en nuestra Universidad con tecnología RFID es en la planta de cerámica CERART o el museo de Arqueología y Lojanidad, ya que los objetos presentes en estos sitios representan montos considerable de dinero e incluso en algunos casos piezas invaluable, por lo que un sistema de monitoreo como el desarrollado a lo largo de este trabajo puede resultar beneficioso para los administradores de estos lugares; así mismo, también puede resultar beneficioso el uso de tecnología RFID en el control de vehículos en la entrada de nuestra universidad.

- Para que el modem del teléfono celular funcione en el envío de comandos AT es necesario que este sea inicializado conectando el cable DKU-5 de Nokia por unos segundos cuando el teléfono se apaga, esto para sincronizar el microcontrolador de la interfaz del cable con el computador, el cual para hacerlo, envía 128 veces, una cadena de caracteres y así alistar al FBUS para el envío posterior de las tramas de bits de los comandos AT.
- El celular que sirve como modem GSM en la transmisión de alertas debe ser cargado cada doce días para evitar su indisponibilidad, esto considerando su hoja de especificaciones el cual indica el tiempo máximo de duración de la batería cuando el dispositivo se encuentra en espera.

7. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. Ahson and M. Ilyas, RFID handbook: Applications, technology, security, and privacy, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008, p 139.
- [2] D. Roldán, Comunicaciones inalámbricas, Primera edición, Alfaomega, Mayo, 2005, pp. 75-77.
- [3] V Ruiz, E Sandoval, “Análisis de la Tecnología RFID: Ventajas Limitaciones”, Instituto Politécnico Nacional, México D.F. Noviembre 2007, p 24.
- [4] J. Ciudad, E. Samá, “Estudio, diseño y simulación de un sistema de RFID basado en EPC”, 2006, pp. 64-67.
- [5] A. Alvarado, “Sistema de Control de Acceso con RFID”, Tesis Mg, Sc, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, México, D.F., Enero 2008.
- [6] Massachusetts Institute of Technology, Auto-ID Center, “Technical report 860MHz–930MHz Class I Radio Frequency Identification Tag Radio Frequency & Logical Communication Interface Specification Candidate Recommendation”, Version 1.0.1,USA, November 14, 2002, pp 2-4.
- [7] Massachusetts Institute of Technology, Auto-ID Center, “Draft protocol specification for a 900 MHz Class 0 Radio Frequency Identification Tag”, February 23, 2003, pp 8-10
- [8] H. Schrank, “Antenna designer’s Notebook”, IEEE, Antennas and Propagation Society Newsletter, June 1985, p2
- [9] Página electrónica de la conartel. Disponible en:
<http://documental.conartel.gov.ec/Resoluciones/Conartel/T%C3%A9cnico/ITU/P%20series/R-REC-P.1238-2-200102-S!!PDF-S.pdf>

- [10] J. Seybold, Introduction to RF propagation, Wiley-Interscience, Canada, 2005, pp. 210-211

- [11] B Constante, "Sistema de Seguridad para Vehículos Mediante Captura de Imágenes", Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, Diciembre 2008.

- [12] J Pesántez, "Implementación de un Sistema de Control Domiciliario (Hardware y Software) basado en el Protocolo X10 y el Sistema de Mensajería Corta (SMS) utilizando el Kit de Desarrollo de Software de Nokia: SDK Beta 3.0 para conectividad Móvil-PC, y Microsoft Visual Basic 6.0", Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador, 2005.

- [13] Pin-port Pinout Nokia 3220. Agosto 2008. Disponible en:
http://pinouts.ru/CellularPhones-Nokia/nokia_pop_pinout.shtml

- [14] Circuito adaptador RS-232 FBUS, MBUS, Septiembre 2005. Disponible en:
<http://www.forosdeelectronica.com/f18/data-cable-nokia-rs-232-forum-29/>

- [15] Cómo seleccionar el tamaño de una muestra para una investigación educacional, Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos42/seleccion-muestra/seleccion-muestra2.shtml>

8. ANEXOS

ANEXO 1: Especificaciones de las etiquetas RFID Trolley Scan (Pty) Ltd.



Size	160 by 12mm by 3mm
Operating frequency	868-870MHz (GSM) 900-930MHz(US/Canada)
Operating power	1mW RF power @868-870MHz (GSM) 1mW RF power @900-930MHz(US/Canada)
Antenna gain	2.1dB
Polarization	Linear
Packaging	Laminated sleeve
Programming	Factory pre-programmed
Weight	15 gm
Manufacturer	Trolley Scan (Pty) Ltd

ANEXO 2: Especificaciones del lector y amplificador de RF Trolley Scan

- **Lector**



Size	200 by 118mm by 35mm
Operating frequency	868-870MHz (GSM) 900-930MHz(US/Canada)
Operating power	12 volts 200 ma
RF Power output	0.3 dBm to 4 dBm user adjustable
RF Connectors	BNC socket
Data output	RS 232 9600 baud
Signal connector	DB 15 pin connector +12 volts input (200 ma) Ground RS 232 input Single/Continuous control Enable/Neutral control OK ILED output ERROR LED output Pre-amp I+output Pre-amp Q+output
Multiple transponder environment	Yes
Part number	2000-0001 Normal
Manufacturer	Trolley Scan (Pty) Ltd

- **Amplificador de RF**



Size	120 by100mm by 60mm
Operating frequency	860-930MHz(US/Canada)
Operating power	24-28 volt 1.0 amps
RF Power output	Maximum continuous 37 dBm (4 to 5 watts) Peak intermittent power 39 dBm (7 watts)
RF Gain	+30dB
RF Connectors	BNC socket
Manufacturer	Trolley Scan (Pty) Ltd

ANEXO 3: Vista interna de lector Trolley Scan

Número	Descripción
1	Amplificador de RF
2	Transmisor, Receptor, Microprocesador
3	Fuente de alimentación
4	Interfaz de comunicación

Fig. 3.1: Vista interna del lector Trolley Scan

ANEXO 4: Especificaciones MAX 232

**Meet or Exceed TIA/EIA-232-F
and ITU Recommendation V.28
Operate With Single 5-V Power
Supply**

**Operate Up to 120 kbit/s
Two Drivers and Two Receivers
 ± 30 -V Input Levels
Low Supply Current . . . 8 mA
Typical**

**Designed to be Interchangeable
With
Maxim MAX232**

**ESD Protection Exceeds JESD
22**

- 2000-V Human-Body Model

(A114-A) Applications

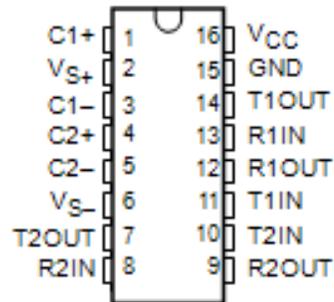
TIA/EIA-232-F

Battery-Powered Systems

Modems

Computers

Terminals

MAX232I**PACKAGE (TOP VIEW)**

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ± 30 -V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Input supply voltage range, V _{CC}	-0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, V _{S+}	V _{CC} - 0.3 V to 15 V
Negative output supply voltage range, V _{S-}	-0.3 V to -15 V
Input voltage range, V _I : Driver	-0.3 V to V _{CC} + 0.3 V
Receiver	± 30 V
Output voltage range, V _O : T1OUT, T2OUT	V _{S-} - 0.3 V to V _{S+} + 0.3 V
R1OUT, R2OUT	-0.3 V to V _{CC} + 0.3 V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT	Unlimited

recommended operating conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
V _{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	V
V _{IH}	High-level input voltage	2			V
V _{IL}	Low-level input voltage (T1IN,	0.8			V
R1IN, R2IN	Receiver input voltage	±30			V
T _A	Operating free-air temperature	MAX232	0		°C
		MAX232I	-40		

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted) (see Note 3 and Figure 4)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP [‡]	MAX	UNIT
I _{CC}	Supply current	V _{CC} = 5.5 V, All outputs open,		8 10	mA

[‡] All typical values are at V_{CC} = 5 V and T_A = 25°C.

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

DRIVER SECTION**electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 3)**

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP [†]	MAX	UNIT
V _{OH}	High-level output voltage	T1OUT, T2OUT	R _L = 3 kΩ to GND	5 7	V
V _{OL}	Low-level output voltage [‡]	T1OUT, T2OUT	R _L = 3 kΩ to GND	-7	V
r _o	Output resistance	T1OUT, T2OUT	V _{S+} = V _{S-} = 0, V _O = ±2 V	300	Ω
I _{OS} [§]	Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT	V _{CC} = 5.5 V, V _O = 0	±10	mA
I _{IS}	Short-circuit input	T1IN, T2IN	V _I = 0		μA

[†] All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

[‡] The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

[§] Not more than one output should be shorted at a time.

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 3)

P	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
SR	Driver slew rate	R _L = 3 kΩ to 7 kΩ, See Figure 2		30	V/μs
SR(t)	Driver transition region slew rate	See Figure 3	3		V/μs
	Data rate	One TOUT switching	120		kbit/s

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

ANEXO 5: Determinación de la muestra.

$$n_0 = \left(\frac{z}{\epsilon} \right)^2 * p * q$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Donde:

n_0 : Cantidad teórica de elementos de la muestra.

n : Cantidad real de elementos de la muestra a partir de la población asumida o de los estratos asumidos en la población.

N : Número total de elementos que conforman la población, o número de estratos totales de la población.

z : Valor estandarizado en función del grado de confiabilidad de la muestra calculada. Por ejemplo, si consideramos trabajar con un 95 % de confiabilidad la muestra seleccionada, entonces el valor estandarizado asumir es igual a 1.96.

Algunos valores estandarizados (z) en función de grado de confiabilidad asumido son:

Para un:	99 %	→ $z = 2,58$ (Empleado con frec.)
	95 %	→ $z = 1,96$ (El más empleado)
	90 %	→ $z = 1,64$

ϵ : Error asumido en el cálculo. Toda expresión que se calcula contiene un error de cálculo debido a las aproximaciones decimales que surgen en la división por decimales, error en la selección de la muestra, entre otras, por lo que este error se puede asumir entre un 1 hasta un 10 %; es decir, que se asume en valores de probabilidad correspondiente entre un 0.01 hasta un 0.1. No obstante, en la siguiente se muestra valores óptimos del error para el cálculo del número de estratos de una muestra:

Para $3 \leq N \leq 10$ → Se asume $\epsilon = 0.1$ (un error del 10 %).

Para $N > 10$ → Se asume $\epsilon = 0.05$ (un error del 5 %).

q : probabilidad de la población que no presenta las características.

Este es un parámetro muy importante, debido a que mediante el mismo se asume qué por ciento o proporción de la muestra no puede presentar las mismas

características de la población, debido a diversos factores subjetivos y objetivos de los individuos u objetos que conforman la población. Muchos autores plantean esta probabilidad entre un 1 hasta un 25 %, otros asumen, cuando no se conoce esta variable asumir el valor máximo de 50 %. Del estudio realizado por el autor de este documento [20] se propone la siguiente tabla:

Para $3 \leq N \leq 19$	→	Se asume $q = 0,01$ (un 1 %).
Para $20 \leq N \leq 29$	→	Se asume $q = 0,01$ hasta $0,02$ (del 1 al 2 %).
Para $30 \leq N \leq 79$	→	Se asume $q = 0,02$ hasta $0,05$ (del 2 al 5 %).
Para $80 \leq N \leq 159$	→	Se asume $q = 0,05$ hasta $0,10$ (del 5 al 10 %).
Para $N \geq 160$	→	Se asume $q = 0,05$ hasta $0,20$ (del 5 al 20 %).

p : Probabilidad de la población que presenta las características. Dicho de una forma más comprensible, es la probabilidad que tiene la muestra en poseer las mismas cualidades de la población (homogeneidad) y está determinada por:

Como $p + q = 1$ (Probabilidad máxima) [$p = 1 - q$]

Considerando el número de etiquetas disponibles que son de 17 entonces se procede a calcular el número de la población total que se puede tener

Entonces el valor de la muestra teórico se lo calcula como:

$$n_0 = \left(\frac{z}{\epsilon} \right)^2 * p * q$$

$$n_0 = \left(\frac{1.96}{0.05} \right)^2 * 0.02 * 0.98$$

$$n_0 = 30.1181$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

$$N = \frac{n_0}{\frac{n_0}{n} - 1} \text{ con } n = 17$$

$$N = 40$$

ANEXO 6: Ubicación de antenas el laboratorio de la EET.

ANEXO 7: Ubicación de antenas (Prueba experimental 1)

ANEXO 8: Ubicación de antenas (Prueba experimental 2)

ANEXO 9: Ubicación de antenas (Prueba experimental 3)

ANEXO 10: Lectura de etiquetas (Pruebas experimentales)

Luego de realizar las diferentes pruebas para la lectura de etiquetas en la puerta de entrada-salida del laboratorio se pudo obtener varios porcentajes de detección dependiendo básicamente del escenario en el cual se encontraban las etiquetas por lo que a continuación se hace un análisis para dichos porcentajes.

En la Fig. A.10.1 se muestra el resultado de lectura de una etiqueta llevada en la mano izquierda en la cual existe un porcentaje de detección del 100% por lo que de las 17 etiquetas que se tomaron como muestra se detectaron las 17 el momento de salir de las instalaciones del laboratorio.

En la Fig. A.10.2 se muestra el resultado de lectura de dos etiquetas llevadas en la mano izquierda en la cual se muestra un porcentaje de detección del 94% lo que significa que de las 16 etiquetas se detectaron 15 el momento de salir de las instalaciones del laboratorio.

En la Fig. A.10.3 se muestra el resultado de lectura de una etiqueta llevada en el interior de equipo de laboratorio, en la cual existe un porcentaje de detección del 88%, lo que significa que de las 17 etiquetas se detectaron 15 el momento de salir de las instalaciones del laboratorio.

En la Fig. A.10.4 se muestra el resultado de lectura de una etiqueta llevada en el interior de caja de cartón, en la cual existe un porcentaje de detección del 82% lo que significa que de las 17 etiquetas se detectaron 14 el momento de salir de las instalaciones del laboratorio.

En la Fig. A.10.5 se muestra el resultado de lectura de dos etiquetas llevadas en el interior de caja de cartón en la cual existe un porcentaje de detección del 81% por lo que de las 16 etiquetas se detectaron 13 el momento de salir de las instalaciones del laboratorio.

En la Fig. A.10.6 se muestra el resultado de lectura de una etiqueta llevada en el interior de mochila (parte posterior) en la cual existe un porcentaje de detección del 76% lo que significa que de las 17 etiquetas se detectaron 13 el momento de salir de las instalaciones del laboratorio

En la Fig. A.10.7 se muestra el resultado de lectura de dos etiquetas llevadas en el interior de equipos de laboratorio en la cual existe un porcentaje de detección del 56% por lo que de las 16 etiquetas se detectaron 9 el momento de salir de las instalaciones del laboratorio.

En la Fig. A.10.8 se muestra el resultado de lectura de dos etiquetas llevadas en el interior de caja de cartón en la cual existe un porcentaje de detección del 69%, lo que significa que de las 16 etiquetas se detectaron 11 el momento de salir de las instalaciones del laboratorio.

En la Fig. A.10.9 se muestra el resultado de lectura de dos etiquetas llevadas en el interior de equipos de laboratorio, en la cual existe un porcentaje de detección del 56% por lo que de las 16 etiquetas se detectaron 9 el momento de salir de las instalaciones del laboratorio.

En la Fig. A.10.10 se muestra el resultado de lectura de dos etiquetas llevadas en el interior de mochila (parte frontal) en la cual existe un porcentaje de detección del 50% por lo que de las 16 etiquetas se detectaron 8 el momento de salir de las instalaciones del laboratorio.

En la Fig. A.10.11 se muestra el resultado de lectura de dos etiquetas llevadas en el interior de mochila (parte posterior) en la cual existe un porcentaje de detección del 44% lo que significa que de las 16 etiquetas se detectaron 7 el momento de salir de las instalaciones del laboratorio.

```

EcoTag(r) Demo Reader Version 3.0.2-
EEPROM...OK
DSP...OK
0100TSD78
0100TSD78
0100TSD78
0600TSD78
0600TSD78
2000TSD78
0300TSD78

0300TSD78
0400TSD78
0400TSD78
0500TSD78
0500TSD78
0600TSD78
0600TSD78
0700TSD78
0800TSD78
0900TSD78
1000TSD78
1100TSD78
1200TSD78
1600TSD78
1400TSD78
1300TSD78
1600TSD78
1800TSD78
1500TSD78
1500TSD78
1500TSD78
1500TSD78
1500TSD78

```

0:05:11 conectado Auto detect. 9600 8-N-1 DESPLAZAR MAY

Fig. A.10.1: Lectura de etiquetas llevadas en la mano izquierda → 100%

```

2000TSD78
1800TSD78
1800TSD78
1600TSD78

1600TSD78
1400TSD78
1400TSD78
1400TSD78
1400TSD78
1400TSD78
1300TSD78
1300TSD78
1200TSD78
1100TSD78
1100TSD78
1000TSD78
1000TSD78
0900TSD78
0800TSD78
0800TSD78
0700TSD78
0600TSD78
0500TSD78
0300TSD78
0100TSD78
0100TSD78

```

Connected 0:08:59 Auto detect 9600 8-N-1 SCROLL CAPS NUM

Fig. A.10.3: Lectura de etiquetas llevadas en el interior de equipo de laboratorio 88%

```

EcoTag(r) Demo Reader Version 3.0.2-
EEPROM...OK
DSP...OK
0400TSD78

0400TSD78
0400TSD78
1100TSD78
0400TSD78
1500TSD78
0300TSD78
0300TSD78
0300TSD78
0100TSD78
0100TSD78
0900TSD78
0100TSD78
0100TSD78
0600TSD78
1800TSD78
1400TSD78
1200TSD78
1600TSD78
0800TSD78
1600TSD78
2000TSD78
0500TSD78
0500TSD78
-

```

Connected 0:02:42 Auto detect 9600 8-N-1 SCROLL CAPS NUM

Fig. A.10.2: Lectura de etiquetas llevadas en la mano izquierda con dos etiquetas → 94%

```

EcoTag(r) Demo Reader Version 3.0.2-
EEPROM...OK
DSP...OK
0100TSD78
0100TSD78
0100TSD78
0300TSD78
0300TSD78
0300TSD78
0300TSD78
0400TSD78
0400TSD78
0400TSD78
0600TSD78
0600TSD78
0600TSD78
0600TSD78
0700TSD78
0700TSD78
0700TSD78
1000TSD78
1000TSD78
1000TSD78
1000TSD78
1000TSD78
1200TSD78
1200TSD78
1200TSD78
1200TSD78

```

Fig. A.10.4.a: Lectura de etiquetas llevadas en el interior de caja de carton → 82%


```

Etiqueta en el interior de caja de carton (2 etiquetas) - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
EEPROM...OK
DSP...OK
0300TSD78
0300TSD78
0400TSD78
0400TSD78
0400TSD78
0400TSD78
0400TSD78
0600TSD78

0800TSD78
0800TSD78
0900TSD78
1000TSD78
1000TSD78
1000TSD78
1000TSD78
1000TSD78
1000TSD78
1000TSD78
1100TSD78
1100TSD78
1200TSD78
1200TSD78
1400TSD78
1400TSD78
1400TSD78
1400TSD78
1500TSD78
1500TSD78
2000TSD78
2000TSD78
2000TSD78
2000TSD78
0:02:13 conectado Autodetect. 9600 8-N-1 DESPLAZAR MAY NUM

```

Fig. A.10.8: Lectura de etiquetas llevadas en el interior de caja de cartón con dos etiquetas → 69%

```

Interior de mochila parte frontal (2 etiquetas) - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
EcoTag(r) Demo Reader Version 3.0.2-
EEPROM...OK
DSP...OK
2000TSD78
0800TSD78
0600TSD78
0600TSD78
0500TSD78
1000TSD78
1000TSD78
1200TSD78
1600TSD78
1500TSD78
1600TSD78
1500TSD78
0:03:12 conectado Autodetect. 9600 8-N-1 DESPLAZAR MAY NUM Captur

```

Fig. A.9.10: Lectura de etiquetas llevadas en el interior de mochila con dos etiquetas (parte frontal) → 50%

```

Interior de equipo de laboratorio (2 etiquetas) - HyperTerminal
File Edit View Call Transfer Help
EEPROM...OK
DSP...OK
2000TSD78
1200TSD78
0600TSD78
0900TSD78
1400TSD78
0400TSD78
0300TSD78
0100TSD78
1100TSD78
1100TSD78
Connected 0:04:55 Auto detect 9600 8-N-1 SCROLL

```

Fig. A.10.9: Lectura de etiquetas llevadas en el interior de equipos de laboratorio → 56%

```

Interior de mochila parte posterior (2 etiquetas) - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
EcoTag(r) Demo Reader Version 3.0.2-
EEPROM...OK
DSP...OK
2000TSD78
2000TSD78
2000TSD78
2000TSD78
2000TSD78
2000TSD78
2000TSD78
2000TSD78
2000TSD78
0300TSD78
0300TSD78
0600TSD78
0600TSD78
0700TSD78
0700TSD78
0800TSD78
0800TSD78
1100TSD78
1100TSD78
1100TSD78
1400TSD78
1400TSD78
0:03:26 conectado Autodetect. 9600 8-N-1 DESPLAZAR MAY NUM

```

Fig. A.10.8: Lectura de etiquetas llevadas en el interior de mochila con dos etiquetas (parte posterior) → 44%

ANEXO 11: Sistemas de seguridad disponibles en el mercado

Empresa1: Alsace, Septiembre 2009. Disponible en:

<http://www.alsacesl.com/panelable.html>

http://www.solostocks.com/comprar/antihurto-para-opticas/oferta_4194589.html

Antihurto para Ópticas

Actualizado hace 7 meses - 96 visitas



1.866,00 € / unidad

Lotes:
1 unidad / lote
10 lotes disponibles

I.V.A. no incluido
Portes no incluidos

Plazo de entrega máximo: 1 semana
Origen: LEGANES - Madrid - España
Forma de pago: A convenir

Información detallada del producto: ID Oferta: 4194589

Sistema antihurto de dos antenas acustomagneticas, 500 etiquetas especial para gafas (colocación en patilla), Un desprendedor de etiquetas de gafas, Instalación y pequeño material y dos años de garantía. Pago contado

Fig A.10.1: Página Web de sistema antihurto para ópticas

Empresa2: Ketec, Agosto 2009. Disponible en:

http://www.ketec.com/products_systems_challenger.asp

http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-10805299-antenas-antihurto-ketec-_JM



Antenas Antihurto Ketec

Precio: **\$ 2.700.000** (Artículo nuevo)

Cuotas: **12 de \$ 260.505** 
[Ver todos los medios de pago](#)

Ubicación: Boyacá (Sogamoso)

Vendidos: 0

[Comprar](#)

Conoce al vendedor

Reputación: **Vendedor nuevo**

MercadoLibre no vende este artículo y no participa en ninguna negociación, venta o perfeccionamiento de operaciones. Sólo se limita a la publicación de anuncios de sus usuarios.

[Hacer una pregunta al vendedor](#) | [Denunciar publicación](#) | Publicación #10805299

[Descripción](#)

Fig A.10.2: Página Web de antenas antihurto Ketec

Empresa3: Seguridad plus, Septiembre 2009. Disponible en:
http://www.seguridadplus.com/sistemas_antihurto_478_1.htm

SISTEMAS ANTIRROBOS



Ficha del producto	
Nombre	SISTEMAS ANTIRROBOS
Referencia	LAS1725
Precio	2.600 €
Precio IVA Incluido	3.016 €
Categoría	Sistemas Antirrobo - ANTIHURTO
Añadir al pedido	Tiene 1 productos en su pedido Cantidad <input type="text" value="1"/> <input type="button" value="Añadir al pedido"/> <input type="button" value="Ver Cesta"/>

Los equipos anti-hurto están compuestos por un sistema de antenas detectoras de etiquetas con una radio frecuencia en 8.2 Mhz. y son el arma mas eficaz para poder evitar pequeños hurtos en tiendas y supermercados.
 Estos sistemas pueden venir equipados con activadores y desactivadores de señal, pueden trabajar con etiquetas duras o blandas, etc. pudiéndose combinar además varias antenas juntas para poder cubrir diferentes anchuras de salidas.
 Se ha puesto especial atención en que dicho sistema garantice el paso de productos y personal de forma rápida disminuyendo al máximo el número de falsas señales y evitando así situaciones embarazosas, cuidando la estética de las antenas para no desentonar en su entorno.

Si desea un presupuesto personalizado no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Fig A.10.3: Página Web de antenas antirrobo