



**Universidad Popular Autónoma del
Estado de Puebla.**

**Departamento de Ingeniería y
Tecnologías de Información.**

**Variables de éxito y arquitectura para la implantación de la RFID
en el sur de Sonora.**

Tesis.

**que para obtener el grado de
Doctor en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro.**

presenta

Jesús Enrique Sánchez Padilla.

Puebla, Pue.

2012.



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

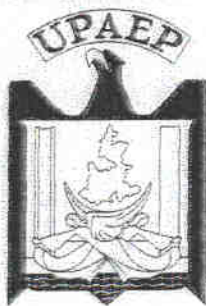
DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Centro Interdisciplinario de Posgrados
Investigación y Consultoría
Departamento de Ingeniería
Doctorado en Logística y Dirección de la Cadena de
Suministro

Por este medio nos permitimos informar a Uds. la aprobación de la Tesis:

"Variables de éxito y arquitectura para la implantación del RFID
en el Sur de Sonora"

que presenta el alumno

Jesús Enrique Sánchez Padilla

como requisito para obtener el Grado de Doctorado en este programa
académico.

Atte.

Comité Doctoral

Dr. Juan Carlos Murrieta Lee

Director de Tesis

Dr. Elías Olivares Benítez

Asesor

Dr. José Luis Martínez Flores

Asesor

Puebla, México.

___ de mayo de 2012.

ÍNDICE.

	Pág.
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.	1
1.1. Antecedentes.	1
1.2. Planteamiento del problema.	2
1.2.1. La tecnología RFID.	2
1.2.2. Preguntas de investigación.	5
1.3. Justificación.	6
1.4. Objetivo general.	8
1.5. Objetivos específicos.	8
1.6. Alcances y delimitaciones.	9
1.7. Metodología.	10
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.	11
2.1. La localización por radiofrecuencia.	11
2.2. Una tecnología revolucionaria para la cadena de suministro.	12
2.3. La implantación de la tecnología.	13
2.4. Aplicaciones particulares.	15
2.5. Retos en la aplicación de la RFID.	17
2.6. Agenda de investigación actual.	18
2.7. Arquitectura de un proyecto de informática.	19
2.8. Recomendaciones para la arquitectura de un proyecto de RFID.	21
2.8.1. Consideraciones sobre las cualidades sistémicas.	21
2.8.2. Directrices de arquitectura.	22
2.8.3. El sistema de gestión de fallas.	23
2.9. Estándares para una arquitectura de RFID.	24
2.10. Retorno sobre la inversión de un proyecto de RFID.	26
2.10.1 El valor presente neto.	27
2.10.2. Beneficios obtenidos con la RFID.	27
CAPÍTULO 3. RESULTADOS.	29
3.1. Resultados obtenidos.	29
3.2. Identificación de los factores de éxito.	29
3.2.1. Diseño del cuestionario.	29
3.2.2. Resultados del análisis de componentes principales.	31
3.3. Arquitectura de RFID.	33
3.3.1. Diagrama de la arquitectura de tres capas.	33
3.3.2. La capa de Hardware.	34
3.3.3. La capa de Middleware.	35
3.3.3.1. La importancia del Middleware.	35
3.3.3.2. El Middleware usado.	36

3.3.4.	La capa de ERP.	37
3.3.4.1.	Openbravo, un ERP de software libre.	38
3.3.4.2.	El ERP Openbravo POS.	40
3.3.5.	Corridas hechas en la capa de Hardware.	40
3.3.6.	Corridas hechas en la capa de ERP.	44
3.4.	Validación mediante una corrida de laboratorio.	47
3.5.	Cotización del sistema.	50
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		52
BIBLIOGRAFÍA.		55
ANEXO 1. El cuestionario utilizado.		60
ANEXO 2. Los resultados del análisis en SPSS.		63
ANEXO 3. Artículo presentado en IIJE 2010.		66

ÍNDICE DE TABLAS.

	Pág.
1. Ventajas comparativas de la RFID sobre el código de barras.	4
2. Algunas barreras para la adopción de la RFID.	6
3. Categorías principales de las barreras para la adopción de RFID.	6
4. Impacto de los beneficios de la RFID en los objetivos de negocios.	28
5. Características de la RFID extraídas de Lee y Özer (2007).	29
6. Características de la RFID extraídas de Katina y McCathie (2005).	30
7. Características de la RFID extraídas de Fish y Forrest (2008).	30
8. Factores críticos de éxito extraídos de la literatura.	30
9. El primer componente.	31
10. El segundo componente.	32
11. El tercer componente.	32
12. Interpretación de los componentes.	32
13. Estándares usados para el proyecto.	33
14. Algunos de los ERP de software libre más populares.	38
15. Costo del sistema de RFID.	50
A1.1 El cuestionario aplicado en la investigación.	61

ÍNDICE DE FIGURAS.

	Pág.
1. Un sistema de RFID.	3
2. Esquema de la metodología.	10
3. Arquitectura de tres capas.	20
4. Elementos que intervienen en la red EPC (EPCglobal Network).	26
5. Arquitectura de RFID del proyecto.	33
6. Cadena de valor de la operación.	36
7. Operaciones que realiza el middleware.	37
8. Las funcionalidades de Openbravo.	39
9. Una pantalla de Openbravo POS.	40
10. Códigos de etiqueta generados por el servidor LogicAlloy.	41
11. Configuración del lector RFID Symbol en LogicAlloy.	41
12. Etiquetas detectadas en LogicAlloy.	42
13. Consulta a la base de datos de MySQL en donde se observan registros informados con los códigos de etiquetas RFID.	43
14. Consulta de etiquetas detectadas en la interfaz del lector RFID.	44
15. Compra de dos artículos.	45
16. Seleccionar stock.	45
17. Seleccionar cajero.	46
18. Impresión de ticket.	46
19. Un aspecto del hardware.	47
20. El lector de etiquetas.	48
21. Artículos etiquetados con RFID.	48
22. Portal formado con las antenas.	49
23. Cotización del hardware para el sistema RFID.	50
24. Resumen de los resultados.	51
A2.1. Los eigenvalores obtenidos, el porciento de la varianza explicada y el porciento de la varianza acumulada.	64
A2.2a. Las preguntas que quedan en cada uno de los primeros cuatro componentes.	64
A2.2b. Las preguntas que quedan en cada uno de los primeros cuatro componentes, continuación.	65
A2.2c. Las preguntas que quedan en cada uno de los primeros cuatro componentes, continuación.	65
A3.1. Página 562.	67
A3.2. Página 563.	68
A3.3. Página 564.	69
A3.4. Página 565.	70

AGRADECIMIENTOS.

Al Dr. Juan Carlos Murrieta Lee.

Por compartir su experiencia y su orientación para la realización de este proyecto.

Al ITSON.

Por su apoyo para la realización de mis estudios, primero de licenciatura, después de maestría y ahora de doctorado.

A la UPAEP.

Por haber tomado la iniciativa de poner a nuestro alcance estudios de alto nivel académico en la modalidad de videoconferencia.

DEDICATORIAS.

Para Josefina.

Por tu amor y por ser la compañera de mi vida.

Para mis padres, Juan e Hilaria.

Todavía siguen presentes, después de tanto tiempo.

Para mis suegros, Jesús y Rosario.

Gracias por su amistad y respeto.

EQUIPO DE TRABAJO.

Dr. Juan Carlos Murrieta Lee.
Director general del CeTIDE.
Catedrático de la UPAEP.
Catedrático del ITSON.

Mtro. Jesús Enrique Sánchez Padilla.
Tesista del Doctorado en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro.
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.

Ing. Edgar Alfredo Ozuna Valdez.
CeTIDE.
Departamento de Ingeniería.

Rubén Emmanuel Ortega Castro.
Tesista de la carrera Ingeniero en Electrónica.
Instituto Tecnológico de Sonora.

José de Jesús Sánchez Ramírez.
Edgar Eduardo Castaños Corrales.
Carlos Adán Ramírez Almeida.
Estudiantes de alto rendimiento académico.
Carrera Ingeniero de Software.
Instituto Tecnológico de Sonora.

RESUMEN.

La identificación por radiofrecuencia es una tecnología que está llamada a ser casi tan ubicua como lo es hoy el código de barras. Tiene muchas ventajas para su aplicación en la logística y la cadena de suministro, sin embargo, también hay una serie de dificultades que limitan sus implantaciones. Dadas estas condiciones, se desarrolló un sistema que busca promover el uso de la RFID mediante la superación de las desventajas que se presentan para su implantación.

La población considerada fueron los gerentes de almacén de la región sur de Sonora, y de esta población se usó una muestra de 18 gerentes, cantidad que se consideró suficiente porque cada uno de ellos representaba a una empresa distinta, de tamaño mediano o hasta chico. A esta muestra, se le hizo una demostración de la tecnología RFID y se les aplicó un cuestionario que había sido desarrollado a partir de las observaciones que han hecho diversos autores sobre esta tecnología.

El cuestionario se evaluó mediante análisis de componentes principales y se obtuvieron altos coeficientes de correlación y también altos eigenvalores. La interpretación de los ítems agrupados bajo cada componente principal tiene su parte de subjetividad, pero se logró identificar tres componentes bastante razonables, que fueron usados como diagnóstico para desarrollar el sistema: la población tiene disposición para el uso de la alta tecnología y la necesidad de reducir pérdidas; desea la optimización de la información para que sea suficiente, actualizada y útil, y quiere atender bien al cliente y mejorar el proceso de compra-venta.

El tipo de arquitectura más común para los proyectos de informática es el de capas, que también es el que se prefiere para los sistemas de RFID. En este proyecto se usaron tres capas llamadas de Hardware, de Middleware y de ERP, pues los nombres describen la función que realizan.

Una parte fundamental de una arquitectura de RFID es el llamado middleware, que tiene la función de procesar y filtrar los datos generados por las etiquetas para que sean legibles por las otras dos capas y que resulten prácticos para la capa de presentación. Se trabajó con dos programas que ambos se podrían llamar middleware, uno de ellos en el lector de etiquetas de la capa de datos (logicAlloy) y otra en la capa de información del negocio (desarrollado por ITSON).

El resultado final quedó integrado, escalable y validable, tal como recomiendan los autores. Este proyecto tiene además un precio competitivo, se desarrolló considerando los estándares de compatibilidad internacionales de EPC global y está adaptado a su población objetivo.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Antecedentes.

En el estado de Sonora las ciudades fronterizas se dedican principalmente a la maquila, pues en ellas hay muchas empresas que se dedican a la fabricación de diversos productos y componentes. La región centro tiene su eje de desarrollo en la industria automotriz, ya que en la ciudad de Hermosillo se encuentra localizada una de las plantas ensambladoras de la Ford más grandes del mundo. La región sur de Sonora es principalmente agroindustrial. En dicha región se localiza el Valle del Yaqui, el cual fue considerado como el granero de México por su enorme extensión y alta productividad. Sonora es un estado estratégico para el desarrollo industrial y económico de México, pues su localización, infraestructura y sus recursos naturales son propicios para hacer negocios.

Existen en el municipio de Cajeme empresas cerveceras, camaroneras, de lácteos, maquiladoras de componentes para automóvil y de galletas, entre otras. Al sur se encuentra la ciudad de Navojoa, en la cual se localizan agroindustrias y al norte de Obregón se encuentran las ciudades de Guaymas y Empalme donde operan grandes empresas maquiladoras, de aeronáutica y componentes para automóviles. En Ciudad Obregón existe un aeropuerto internacional recientemente modernizado donde se realizan operaciones comerciales. Cabe mencionar, finalmente, que en toda la zona sur de Sonora existen numerosas microempresas las cuales representan entre el 60% y 70% del desarrollo específico de la región (Jiménez et al., 2008).

El sur de Sonora es una región con un buen nivel de desarrollo económico y con una amplia variedad de empresas que pueden ir desde la agricultura y la pesca hasta la aeroespacial, desde el reciclaje de papel hasta el turismo o desde la industria cervecera hasta exportación de carne de cerdo, pero la gran mayoría de ellas llevan su control de inventarios mediante el código de barras.

En esta región la tecnología inalámbrica parece estar limitada a dos tipos de aplicaciones: el control de acceso de personas (tarjetas pre pagadas para el autobús urbano, llaves de acceso a lugares restringidos) o para evitar robos (en bibliotecas o en discos y desodorantes en los supermercados). También se aplica la RFID en las casetas de cobro de las carreteras del estado para permitir el paso libre a los automovilistas locales.

Naturalmente, las empresas de la región se podrían beneficiar con el uso de un sistema de control de inventarios automático y de avanzada, pero antes se deben superar obstáculos como el desconocimiento de la tecnología por parte de los gerentes, el alto costo, los altos requerimientos de conocimiento tecnológico y que los empresarios lo sientan realmente útil. Los conceptos antes mencionados, y algunos otros, son susceptibles de organizarse en un sistema, modelo o arquitectura de RFID que es la base para adoptar la tecnología.

De acuerdo con Libera (2010), en términos generales, la tecnología RFID ("Radiofrequency Identification") permite la identificación de objetos de forma inalámbrica, sin necesidad de que exista entre el lector y el objeto contacto o línea de visión directa, requisito indispensable para otras tecnologías como la lectura láser de código de barras. Esta identificación se realiza mediante la incorporación o fijación de un transpondedor al objeto ("tag"), el cual transmite los datos que contiene cuando detecta que está siendo interrogado por un lector RFID.

Aunque la tecnología no es nueva, los avances técnicos en aspectos tales como alcance, seguridad, almacenamiento o velocidad de lectura entre otros, han suscitado el interés de la industria por ella, considerándola como el sustituto natural del código de barras, dada la importante oportunidad que la RFID ofrece para conseguir una importante reducción de costos en las cadenas de producción y logística. Grandes empresas internacionales con una importante carga logística o de producción han comenzado a implantar la tecnología o han exigido a sus proveedores que la incorporen, motivadas por las notables mejoras que supone su introducción para sus procesos productivos.

Son tantas las posibilidades de utilización de la tecnología RFID en todos los sectores de actividad que, hoy día, se la considera uno de los pilares básicos de la siguiente evolución de las redes de comunicación, la cual ha recibido varias denominaciones ("Internet of things", "Ambient Intelligence", "Ubiquitous Computing") aunque todas ellas se refieren al mismo concepto: la interacción automática e inteligente entre dispositivos, y su comunicación con sistemas remotos de datos a través de las redes de telecomunicación.

1.2. Planteamiento del problema.

1.2.1. La tecnología RFID.

De acuerdo con Portillo et al. (2008) todo sistema RFID se compone principalmente de cuatro elementos:

a. Una etiqueta RFID, también llamada tag o transpondedor (transmisor y receptor). La etiqueta se inserta o adhiere en un objeto, animal o persona, portando información sobre el mismo. En este contexto, la palabra "objeto" se utiliza en su más amplio sentido: puede ser un vehículo, una tarjeta, una llave, un paquete, un producto, una planta, etc. Consta de un microchip que almacena los datos y una pequeña antena que habilita la comunicación por radiofrecuencia con el lector.

b. Un lector o interrogador, encargado de transmitir la energía suficiente a la etiqueta y de leer los datos que ésta le envía. Consta de un módulo de radiofrecuencia (transmisor y receptor), una unidad de control y una antena para interrogar los tags vía radiofrecuencia. Los lectores están equipados con interfaces estándar de comunicación que permiten enviar los datos recibidos de la etiqueta a un subsistema de procesamiento de datos, como puede ser un ordenador personal o una base de datos.

Algunos lectores llevan integrado un programador que añade a su capacidad de lectura, la habilidad para escribir información en las etiquetas.

c. Un ordenador, host o controlador, que desarrolla la aplicación RFID. Recibe la información de uno o varios lectores y se la comunica al sistema de información. También es capaz de transmitir órdenes al lector.

d. Adicionalmente, un middleware (software de interconexión) y en backend (software subyacente al sistema, que lo hace funcionar pero que no es accesible a los usuarios comunes) un sistema ERP (Planificador de los Recursos de la Empresa) de gestión de sistemas de Tecnologías de Información y Comunicación son necesarios para recoger, filtrar y manejar los datos.

En la Figura 1 se muestra un esquema de un sistema de RFID.



Figura 1. Un sistema de RFID.

Fuente: Libera (2011).

En la Tabla 1 se presentan las ventajas comparativas de la tecnología RFID sobre el código de barras, las ventajas principales del código de barras radican en que da un buen resultado por medios sencillos y económicos mientras presenta grandes ventajas, entre las que se

puede mencionar que el operario no necesita localizar al objeto para que éste quede ubicado, propiedad que reduce al mismo tiempo el número de operarios necesario y los errores de lectura; por otra parte, la RFID también puede realizar muchas lecturas al mismo tiempo y ubicar a cada etiqueta como un objeto único y no solamente como un grupo de objetos. Y contra lo que pudiera esperarse, los códigos de barra pueden sufrir daños con facilidad porque son una impresión sobre papel, mientras que la etiqueta de RFID es muy durable y soporta ambientes agresivos.

Tabla 1. Ventajas comparativas de la RFID sobre el código de barras.

Fuente: Córdova y Velástegui, 2008.

Características.	Tecnología RFID.	Código de barras.
Capacidad.	Mayor capacidad de almacenamiento de datos.	Espacio limitado.
Identificación.	Permite la identificación unívoca de un producto.	Estandarizada.
Actualización.	Puede ser reutilizado ya que permite ser regrabado.	Sólo lectura.
Flexibilidad.	No se requiere una línea directa entre el lector y la etiqueta.	Requiere línea de visión para su lectura.
Lectura.	Se pueden realizar miles de lecturas en forma simultánea.	Una lectura por vez.
Tipo de lectura.	Puede leerse a través de varios tipos de materiales.	Lee sólo en superficie.
Precisión.	Es totalmente automática, eliminando errores.	Requiere la intervención humana.
Durabilidad.	Soporta ambientes agresivos (humedad, ácidos, etc.).	Puede dañarse fácilmente.

Sin embargo, no todo es ventajas, Córdova y Velástegui (2008) señalan también los siguientes inconvenientes de la identificación por radiofrecuencia.

- ♦ Posee un alto costo, a pesar de que en el futuro se prevé un considerable descenso del mismo.
- ♦ Existe una carencia de regulación y de estándares comerciales que faciliten su difusión.
- ♦ Presenta vulnerabilidades al metal y otros materiales conductivos, así como a líquidos y a interferencias electromagnéticas de baja frecuencia.
- ♦ Puede presentar problemas de seguridad si no se toman medidas que eviten lecturas y modificaciones fraudulentas de la información.
- ♦ Una de las desventajas y una polémica en torno a esta tecnología es que puede quitar la privacidad.

1.2.3. Preguntas de investigación.

¿Cuál es el sistema de control de inventarios mediante identificación por radiofrecuencia que está adaptado a las necesidades de los gerentes de almacén del sur de Sonora?

¿Cuáles son las variables de éxito significativas para la implantación de la tecnología RFID para control de inventarios en el sur de Sonora?

¿Cómo se puede diseñar una arquitectura de RFID que resulte de bajo costo, funcional y adaptada a las necesidades de la región sur de Sonora?

1.3. Justificación.

La RFID es una tecnología con grandes ventajas, pero no está tan extendida como debiera porque también tiene barreras que dificultan su adopción, algunas de esas barreras se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Algunas barreras para la adopción de la RFID.

Fuente: Riedel et al. (2008).

Concepto.	%.
El costo del sistema.	54
No se sabe lo suficiente acerca de las aplicaciones prácticas.	42
Dificultades para demostrar el retorno sobre la inversión.	40
En nuestro negocio no es fácil o práctico pegar una etiqueta de RFID.	31
No estamos convencidos del caso de negocio.	29
Faltan estándares aceptados por todos.	29
No estamos seguros de la confiabilidad de la tecnología.	25
Preocupaciones acerca de la integración con el software que estamos usando.	25
Los proveedores y clientes clave no estarán interesados en usarla.	19
Preocupaciones acerca de la compatibilidad del hardware proporcionado por diferentes vendedores.	15
Baja disponibilidad de vendedores de hardware y software.	15
No queremos compartir información sensible con otras organizaciones.	15
Poca familiaridad con la alta tecnología.	10
No podemos usar ondas de radio en nuestras operaciones.	4
Las regulaciones del gobierno no son suficientemente claras.	2
No estar dispuesto a redefinir un proceso nuevo y/o entrenar empleados.	2

Las barreras mayores se dividieron en cinco categorías principales, las cuales se muestran en la Tabla 2, donde las categorías 2 y 3 quedaron al mismo nivel.

Tabla 3. Categorías principales de las barreras para la adopción de RFID.

Fuente: Riedel et al. (2008).

1	El costo del sistema.
2	La conveniencia de la inversión (retorno sobre la inversión, caso de negocio).
2	Aspectos prácticos (aplicación práctica, facilidad para pegar la etiqueta).
4	Aspectos tecnológicos (estándares, confiabilidad, integración).
5	Las elecciones de otros actores (los intereses de los clientes o proveedores).

En Estados Unidos y Europa, la identificación por radiofrecuencia no solamente es la forma estándar de administrar inventarios y de gestionar la cadena de suministro, sino que es también la forma más avanzada que se conoce hasta ahora de realizar estas tareas porque lleva la automatización y la trazabilidad hasta el límite.

Sin embargo, en nuestro país, se usa solamente una parte de su enorme potencial: para controlar accesos de personas y para evitar robos, y además, al usuario común le pasa inadvertida la forma en que logran estos objetivos, solamente saben que hay algún tipo de control electrónico.

La difusión de la RFID en nuestro país y en la región bajo estudio se encontraría con los siguientes obstáculos: es una tecnología desconocida, su implantación es cara y necesita asesoría especializada, se requiere que el negocio cambie su estructura para adoptar la RFID, y como su competidor el código de barras da un buen servicio, los administradores se quedan con lo conocido.

Un modelo o arquitectura de RFID, económico y adaptado para los pequeños empresarios de la región puede hacer mucho para superar los inconvenientes antes mencionados. Lo que se puede ofrecer a los gerentes de almacén es exposiciones demostrativas, asesoría especializada, la eliminación del muy importante costo dedicado al software mediante la elección del tipo libre, y en general, la oportunidad de experimentar sin riesgos el gran potencial de la RFID.

1.4. Objetivo general.

Diseñar y poner a prueba un sistema de control de inventarios que use identificación por radiofrecuencia y que esté adaptado a las necesidades de los gerentes de almacén de la región sur de Sonora.

1.5. Objetivos específicos.

1. Determinar mediante la técnica de análisis de componentes, las variables importantes para la aplicación exitosa del sistema de control de inventarios bajo estudio en el sur de Sonora, con el propósito de usarlos de guía para diseñar una arquitectura de RFID adaptada a la región.
2. Proponer una arquitectura de RFID de tres capas: hardware, middleware y ERP que administre el flujo de información de las etiquetas. Se tomarán en cuenta los estándares establecidos por los organismos internacionales.
3. Elegir un software libre que administre los Códigos Electrónicos de Producto en la capa de hardware. Este proceso se realizará mediante investigación documental y corridas de laboratorio.
4. Diseñar y probar un middleware propietario que establezca la interfaz entre la capa de hardware y el ERP.
5. Adaptar el sistema al ERP de software libre Openbravo POS por considerarse sencillo y ser uno de los más populares.
6. Probar el sistema completo mediante corridas de laboratorio.

1.6. Alcances y delimitaciones.

Alcances.

- ♦ Se obtendrán las variables que son de importancia para la implantación del sistema de control de inventarios bajo estudio.
- ♦ Se propondrá una arquitectura para explicar cómo se puede hacer una implantación exitosa del sistema de control de inventarios propuesto.
- ♦ Una parte de la arquitectura será hecha con software propio.
- ♦ La arquitectura se validará mediante corridas de laboratorio.

Delimitaciones.

- ♦ La investigación se circunscribirá al sur de Sonora, durante los años 2010 y 2011.
- ♦ El tema estudiado es muy extenso y no se discutirán algunos aspectos, es decir quedarán fuera de este trabajo.
- ♦ El proyecto no es trabajo de una sola persona, se realizó con la ayuda de especialistas.
- ♦ Se conservan muchos nombres en inglés para los términos de informática.

1.7. Metodología.

- ♦ Determinar las variables de éxito para la implantación de la RFID en la región sur de Sonora mediante la técnica de análisis de componentes principales. El cuestionario a usar se fundamentará en una revisión detallada de la literatura.
- ♦ Se propondrá una arquitectura de RFID de tres capas: capa de hardware, capa de middleware y capa de ERP. Una arquitectura es una manera de programar y en la literatura están reportados los tipos de arquitectura e incluso la manera de hacer una arquitectura de RFID.
- ♦ Para la capa de hardware, se seleccionarán y probarán el equipo y el software libre que maneje los datos de Código Electrónico del Producto de las etiquetas.
- ♦ Para la capa de middleware se desarrollará y probará un software propio.
- ♦ Para la capa de ERP se adaptará el sistema al ERP libre Openbravo POS.
- ♦ Se probará el sistema completo con corridas de laboratorio.

En la Figura 2 se presenta un esquema de la metodología a seguir, que tiene como producto final una arquitectura de RFID validada, de bajo costo y apropiada para la región.

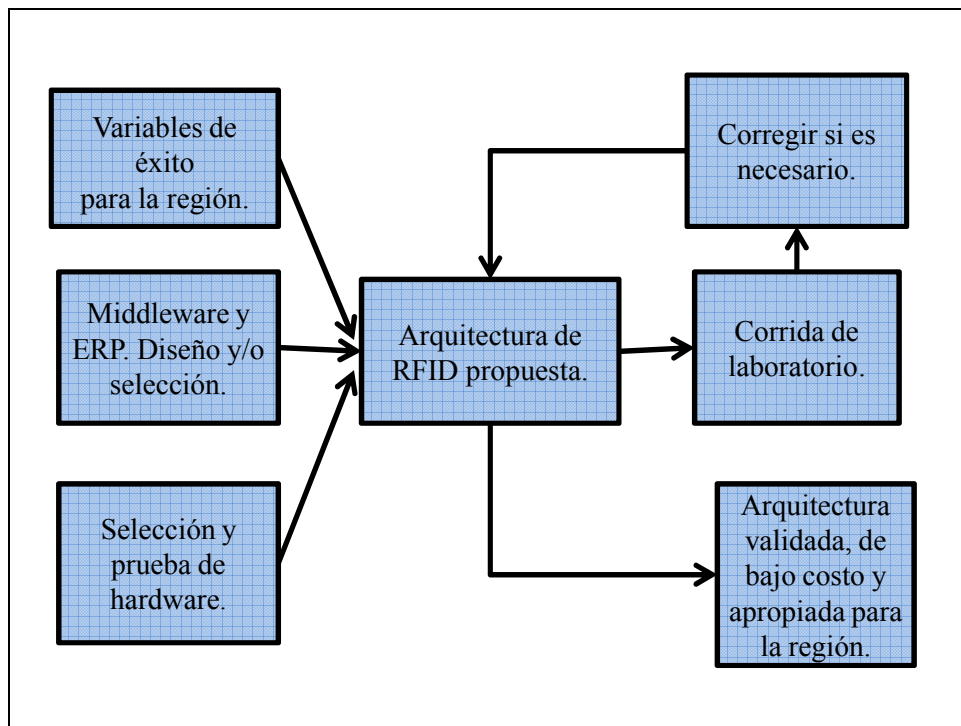


Figura 2. Esquema de la metodología.
Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.

2.1. La localización por radiofrecuencia.

La identificación por radiofrecuencia no es un concepto nuevo, data aproximadamente del fin de la Segunda Guerra Mundial, sin embargo, ha permanecido casi desconocido para el público en general, de tal manera que se le podría considerar una tecnología nueva. Landt (2005) presenta a la RFID como un término acuñado para la radio tecnología de corto alcance usada para comunicar principalmente información digital entre una locación estacionaria y un objeto móvil o entre dos objetos móviles.

Generalmente va a tener dispositivos sencillos en uno de los extremos de la liga y aparatos más complejos en el otro extremo. Los dispositivos sencillos se llaman con frecuencia etiquetas o transpondedores y son pequeños y baratos, están adjuntos a los objetos que se van a manejar y operan automáticamente. Por otra parte, los aparatos más complejos se llaman con frecuencia lectores, interrogadores o faros, tienen mayor capacidad y generalmente están conectados a un servidor o a una red de computadoras.

Tapia et al. (2007) introducen a la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) a un nivel divulgativo y aplicado. Muestran los componentes de un sistema RFID, describiendo los tipos de etiquetas y antenas, así como los principales estándares existentes para el desarrollo y funcionamiento de productos RFID. Además, presentan algunos de los problemas implícitos en esta tecnología. Asimismo, describen algunas aplicaciones representativas sobre el uso de sistemas RFID, en ámbitos tan distintos como transporte de mercancías, correos, implantes en animales, sistemas de pago, localización en tiempo real, etc.

Finalmente, muestran algunos avances en la integración de dispositivos RFID con otras tecnologías, creando nuevas formas de interacción con los usuarios. Para un artículo escrito con propósitos ilustrativos se puede consultar a Ritcher (1999) quien proporciona al lector una base de educación relacionada con la tecnología RFID, sus mercados y sus aplicaciones. Para propósitos de ilustración su documento discute ciertas características de la tecnología RFID. Se advierte a los lectores que no atiendan demasiado los detalles de la tecnología RFID misma, sino que más bien, atiendan las capacidades de aplicación

proporcionadas por la tecnología a los problemas de negocios que pueden ayudar a resolver. Jiménez et al. (2005) también hablan sobre la tecnología RFID, pero dentro del contexto de otras técnicas de localización (ultrasónicas; radio: GSM, UWB, Bluetooth, WLAN, RFID; ópticas,...), pero sostienen que todavía no existe una tecnología ideal de localización para espacios inteligentes en interiores y que la investigación continúa.

2.2. Una tecnología revolucionaria para la cadena de suministro.

La localización mediante RFID ha causado grandes efectos en la localización de artículos, Derakhshan et al. (2007) señalan que la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) promete revolucionar la manera en que rastreamos artículos en la cadena de suministro, tiendas distribuidoras, y aplicaciones en administración de activos. El tamaño y las diferentes características que poseen los RFID plantean muchos retos interesantes para los sistemas de administración actuales. En su artículo, proporcionan una breve exposición de la tecnología RFID y resaltan algunos de los retos de administración de datos que suponen que son tópicos adecuados para explorarlos en investigación.

Rundh (2007) muestra cómo los productos codificados mediante identificación por radiofrecuencia (RFID) pueden proporcionar mejores beneficios con respecto a la administración de la cadena de suministro que la lectura por código de barras, y discute los importantes obstáculos prácticos en la adopción de esta nueva tecnología, particularmente los altos costos de establecimiento e implantación. Afirma que la tecnología RFID ofrece la perspectiva de eficiencia mejorada por una administración del inventario más sofisticada, produciendo costos más bajos y resultados mejorados. También ofrece oportunidades para reducir los robos y falsificaciones.

Un análisis más preciso de la demanda mejora además la planeación de la mercadotecnia. Sin embargo, una desventaja principal son los altos costos de establecimiento e implantación. Otras preocupaciones técnicas son la confiabilidad y la interferencia electrónica. Los obstáculos así percibidos luchan en contra de la adopción. También se dice (Ángeles, 2005) que las tecnologías de RFID prometen cerrar algunas de las brechas de información en la cadena de suministro, especialmente en la venta al por menor y la logística.

Como una tecnología móvil, la RFID hace posibles "libertades para el proceso" y visibilidad en tiempo real dentro de las cadenas de suministro. Su artículo proporciona una introducción a esta tecnología, varios casos ejemplo, y algunas líneas generales a seguir en la implantación en base a los reportes publicados. El uso de la tecnología inalámbrica (Wolf, 2010) mejora significativamente los procesos de la cadena de suministro y produce mejoras en el servicio al cliente. Asimismo, establece estrategias y describe procesos para integrar las etiquetas RFID en las aplicaciones del corazón del negocio. Se debe desarrollar una estructura de administración de la información para conducir las mejoras al negocio.

2.3. La implantación de la tecnología.

Si bien el código de barras es una tecnología práctica para la administración de la información sobre los artículos, la identificación por radiofrecuencia lo es aún más, solamente que también es mucho más retadora en cuanto a su implantación, por ese motivo, el tema se trata ampliamente en la literatura. Reyes y Jaska (2007) orientan a los gerentes a determinar si la RFID es apropiada para las necesidades de su organización particular y da algunas guías para implantar una solución usando RFID. Hacen una revisión general de la RFID y ofrece instrucciones a los administradores que tienen el dilema de si la RFID es o no apropiada para su organización o aplicación.

Para la práctica de la administración, estos procedimientos de implantación tienen importantes implicaciones. Como sucede con cualquier implantación tecnológica, las necesidades de la organización, su personal, y clientes deben estar al frente del proceso. Chuang y Wade (2008) determinan las variables significativas que conducen a una implementación exitosa de la administración de recursos de la empresa (ERP) y sus conceptos predecesores de planeación de recursos de la empresa, planeación de la cadena de suministro, comercio electrónico y los sistemas de identificación por radiofrecuencia. Presentan un mapa de carreteras de implantación usando cuatro etapas para la implantación de los sistemas ERP: planeación, desarrollo, implantación y prueba. El mapa indica cuándo y dónde podrían aparecer las variables de éxito significativas y cómo una firma puede administrar el proceso de implantación.

En la investigación, se usaron los criterios clave para el éxito y los conductores clave de la implantación descubiertos por la literatura, se usaron estudios de caso y entrevistas. Se construyó un instrumento tipo encuesta y la encuesta se alojó en un sitio web, donde se invitó a los practicantes de la industria a dar sus opiniones. Los datos se analizaron usando modelos de correlación y análisis de varianza en un sentido (ANOVA) para desarrollar diagramas de causa efecto (CE) para varios sistemas de administración de recursos de la empresa (ERM), y para cada componente del ERM. Con base en el error controlado del proceso ANOVA, el diagrama de causa-efecto se usó para describir el grado en que las variables influyen en el proceso de implantación.

Otros estudios (Cannon et al., 2008) procuran apuntar hacia las bases teóricas de otras disciplinas que pueden usarse para ilustrar los beneficios, complejidades y riesgos que acompañan la adopción de la tecnología de identificación por radiofrecuencia. Folinas y Patrikios (2008) mencionan que la decisión de desarrollar una solución RFID para hacer eficiente la cadena de suministro es una decisión de negocios. Proponen un marco de referencia de cuatro pasos para la implantación: a) el análisis del negocio, b) la prueba, c) la implantación piloto y d) el desarrollo pleno del sistema RFID. Checkpoint (2004) citado por Folinas y Patrikios (2008) establece que los mejores proyectos pilotos de RFID deben ser: a) apoyados desde la alta dirección, b) estructurados para validar una meta específica, c) diseñados para conseguir objetivos específicos, medibles y verificables, d) realizados en fases para mitigar el impacto sobre la organización y e) diseñados para ser escalables.

También han sido reportadas las mejores prácticas en la implantación de RFID (Fish y Forrest, 2008) como un reflejo de las prácticas tradicionales de administración de proyectos y operaciones. En este detallado estudio se analizan como mejores prácticas: a) seleccionar el proyecto RFID basándose en una estrategia clara y con el compromiso y soporte de la alta dirección, b) realizar un planeación detallada, c) realizar un programa piloto y re-evaluarlo, d) desarrollar la RFID mediante una planeación e implementación cuidadosa, e) mejorar y racionalizar continuamente el proceso a lo largo de toda la vida del proyecto, f) realizar una integración plena con el sistema de la cadena de suministro desarrollando totalmente la tecnología y no solamente implantando aparatos.

Zuckweiler y Konencny (2008) exploran la implantación desde el punto de vista de las empresas pequeñas y medianas, las cuales suelen carecer de la solvencia económica y el alto nivel tecnológico que demanda la implantación de la identificación por radiofrecuencia. Mencionan tres estrategias posibles: a) no hacer nada, b) esperar y ver y c) lanzarse. En la estrategia de no hacer nada, al inicio los riesgos y los efectos de la empresa son mínimos o inexistentes, pero en este enfoque, la empresa se debe cuidar de no toparse con un cliente que demande la implantación de RFID. La estrategia de esperar y ver es un término medio que quizá tiene las mayores ventajas, porque le permite a la empresa cumplir con la exigencia de los clientes sobre la RFID y a la vez, minimizar los efectos sobre la organización. La estrategia de lanzarse tiene los riesgos más altos, pero a la vez, mayores recompensas potenciales que las otras dos estrategias. Estas recompensas potenciales tienen que ver con la ventaja del pionero y recibir de los clientes la buena voluntad que se da a un socio.

La mayoría de los trabajos sobre RFID se centran en aplicaciones de negocio a negocio, tales como las soluciones de trazabilidad y rastreo, pero Sandner et al. (2008) se centran en aplicaciones del negocio al consumidor. Proponen un marco de referencia para diseñar y evaluar aplicaciones de RFID hacia el consumidor. El marco de referencia está formado por 5 modelos: a) El modelo del producto y el servicio, b) el modelo del actor, c) el modelo de la tecnología, d) el modelo de la estrategia y e) el modelo del medio ambiente. La RFID en el área del consumidor es diferente si se le compara con los escenarios de negocio a negocio, como administración de la cadena de suministro, logística o producción.

Los impulsores de las aplicaciones de negocio a negocio son con frecuencia la eficiencia, la disminución del trabajo o la interacción humana y la reducción de costos y tienen demandas máximas en cuanto a la confiabilidad, precisión y rapidez. Para aplicaciones al cliente estas aplicaciones son menos importantes en la mayoría de los casos. Se tiene que identificar menos artículos, la reducción del costo o el incremento de la eficiencia son de menor importancia. Aún más, el consumidor puede ser más indulgente a la eficiencia sub óptima cuando se le proveen aplicaciones nuevas y servicios innovadores. Por otra parte, el consumidor tiene demandas más altas en la usabilidad, conveniencia y diseño que el trabajador industrial.

2.4. Aplicaciones particulares.

En un estudio piloto (Lefevre et al., 2006) se mejora la comprensión del potencial de la RFID en el contexto de las actividades de los almacenes de una cadena de suministro específica de la venta al por menor. Los datos empíricos fueron reunidos a partir de cuatro firmas interrelacionadas de tres niveles distintos de una cadena de suministro. Los resultados indican que la RFID parece ser una tecnología disruptiva, en el sentido de soporta un nuevo modelo de negocios, supone un rediseño mayor de los procesos existentes y fomenta un mayor nivel de integración electrónica entre los miembros de la cadena de suministro.

En una aplicación en una tienda de ropa (Loebbecke, 2006) se examina un proyecto entre un minorista líder europeo, Kaufhof Department Stores, y un fabricante de ropa de moda, Gerry Weber, utilizando RFID. El caso muestra como ambos participantes experimentaron mejoras significativas en tiempos, costos y administración de los inventarios en el curso del proyecto de cinco meses. Estas mejoras en el desempeño ocurrieron tanto al nivel del almacén como de las tiendas. También se discuten las lecciones aprendidas y los retos de integración, estandarización y los niveles de precios de los RFID.

La aplicación de Hurjui et al. (2007) es en un almacén refrigerado. El sistema propuesto presenta un escenario de monitorear productos dentro de un almacén refrigerado, usando tecnologías de RFID. Se presenta la creación de un sistema compuesto de un lector de RFID y un sensor de temperatura, interconectado junto con un módulo de administración, con la intención de resolver problemas de llevar a cabo un proceso específico. Abarca (2006) plantea el diseño de un Sistema Multiagente (SMA) que realice el control de las existencias de la empresa Grupo Lo Monaco, para llegar en una fase posterior a la automatización del proceso de picking.

Para identificar los productos se utiliza la tecnología RFID, empleando en cada unidad de producto una etiqueta que le permita ser identificado. El SMA está basado en la metodología INGENIAS y se encarga de realizar los pedidos a los proveedores. Se describe en el trabajo el estado del arte, la situación actual de la empresa, la aplicación de la tecnología indicada, la solución planteada y las conclusiones.

De la Fuente et al. (2005) presentan una solución adaptada especialmente al seguimiento del proceso de elaboración de jamón desde el sacrificio del animal en el matadero y la posterior recepción y salida del almacén. El sistema permite garantizar la identificación de cada unidad, la trazabilidad del producto, la automatización del seguimiento y visibilidad de la cadena de producción, permitiendo una mejora cualitativa y cuantitativa en la calidad de la producción, así como una significativa reducción de costos. La implementación de la tecnología RFID con los tag y antenas adecuados al entorno de trabajo en la elaboración de jamones permite identificar cada unidad sin tener un contacto físico con el elemento identificador, agilizando enormemente el proceso y permitiendo la automatización del mismo.

En un estudio más experimental Liu et al. (2005) construyeron un almacén para demostrar que el uso de la tecnología RFID da mejores resultados que un almacén administrado sin esta tecnología. La operación de almacenes se ha vuelto una actividad crítica en la cadena de suministro para superar el desempeño de los competidores en servicio al cliente, plazos de espera, y costos. De cualquier forma, los gerentes frecuentemente tienen dificultades en formular un buen plan de utilización de los recursos debido a la escasez de fuentes de información exhaustivas.

Liu et al.(2005) proponen un sistema de administración de recursos con tecnología RFID, la cual puede dar acceso a la información de posición en tiempo real y procesos de operación de los equipos que manejan el material, así como a alguna información sobre las cargas. Este sistema de administración de los almacenes está diseñado para seleccionar el recurso más adecuado de entre los paquetes más usados para manejar órdenes de operación en almacenes.

Para validar la efectividad del sistema de administración de almacenes se construyó un almacén experimental en la Academia de Ciencias de Instituto de Automatización de China. Los resultados muestran un incremento en la utilización de espacio de estantes y velocidad de carga, así como un decremento en los errores y costos de operación relacionados con el trabajo en comparación con un sistema similar sin la tecnología RFID.

Para Hesse (2007) la mayoría de los minoristas sufren por discrepancias sustanciales entre las cantidades del inventario registradas en el sistema y las existencias que están disponibles para los consumidores. La identificación por radiofrecuencia (RFID), que promete una transparencia total, con frecuencia se ha sugerido como un remedio para el problema. Hesse considera la imprecisión en el inventario registrado en una cadena de suministro modelo, donde un manufacturero Stackelberg establece el precio al mayoreo y un minorista determina cuánto almacenar para la venta a los consumidores. Primero analiza el impacto de la imprecisión del registro del inventario en las decisiones de almacenamiento óptimo y las utilidades.

Mediante el contraste de las decisiones óptimas en una cadena de suministro descentralizada con las de una cadena de suministro integrada, encuentra que la imprecisión en el registro del inventario agrava las ineficiencias resultantes de una doble marginación en las cadenas de suministro descentralizadas. Suponiendo que la adopción de la tecnología RFID puede eliminar el problema del registro impreciso del inventario, determina los costos de umbral para los cuales la adopción de la tecnología RFID se vuelve rentable. Muestra que una cadena de suministro descentralizada se beneficia más con la tecnología RFID, puesto que la adopción de la RFID mejora la coordinación de la cadena de suministro.

La RFID puede usarse también para mejorar la Administración de la Relación con el Cliente, tal como plantean Bose y Man (2008), quienes proponen que el servicio al cliente se puede personalizar y optimizar al máximo mediante la identificación por radiofrecuencia. La limitación que tiene este planteamiento es la enorme cantidad de información que se genera, cómo se va a discriminar, administrar y evaluar, para ello,

proponen una arquitectura formada por cinco capas: a) la capa del hardware, b) la capa del edgware , c) la capa del middleware, d) la capa del inteligencia del negocio y e) la capa backend.

2.5. Retos en la aplicación de la RFID.

Pero no todo es promesas y ventajas en la RFID, para algunos autores también puede tener algunos inconvenientes, como el precio, el exceso de información que genera, la necesidad de reorganizar la empresa, la falta de buenos proveedores, la pérdida de privacidad, entre otras.

Dayu y Zoug (2005) también se ocupan de la reducción del exceso de información generada por la RFID, proponen el uso de un "esquema basado en eventos" en lugar de "lectura basada en eventos" como una manera de usar la tecnología RFID en la administración de almacenes. La manera convencional de usar la tecnología RFID en la administración de almacenes es el "esquema de ocupado esperando". El "esquema de ocupado esperando" procesa mucha información innecesaria para soportar la administración del almacén, así, aunque es fácil, no es muy eficiente. El "esquema basado en eventos" no procesa información innecesaria, porque la información a procesar es activada por evento. Creen que esta aproximación proporciona una alternativa muy atractiva para usar la tecnología RFID en la administración de almacenes.

Katina y McCathie (2005) presentan los pros y contras de usar la Identificación por Radiofrecuencia (RFID) en la Administración de la Cadena de Suministro (SCM). Mientras que la RFID tiene un gran número de beneficios sobre su predecesor, el código de barras, todavía tiene un precio que muchos negocios consideran prohibitivo. Por otra parte, la RFID es ventajosa porque no requiere escaneo con visibilidad directa (que el espacio entre el transmisor y receptor esté despejado y sin obstrucción), actúa para reducir los niveles de trabajo, mejora la visibilidad, y mejora la administración del inventario.

Por otra parte, la RFID es al presente una solución costosa, le falta estandarización, tiene solamente un pequeño número de proveedores que desarrollan soluciones de punta a punta, sufre de algunos asuntos de despliegue adverso, y está nublado por preocupaciones relativas a la privacidad. Independientemente de estos factores, el objetivo último de la RFID en las cadenas de suministro es ver el establecimiento del rastreo al nivel de cada ítem que debería actuar para revolucionar las prácticas de la cadena de suministro, introduciendo un nivel de eficiencia nunca antes visto.

Para Vijayaraman y Osik (2006) la implantación de la RFID se le ha demandado a muchas organizaciones, pero también muchas de ellas se resisten. La exigencia de usar la RFID por parte de grandes minoristas y varias agencias del gobierno han vuelto la implantación de la tecnología RFID un requisito obligatorio para algunas grandes organizaciones, mientras que otras organizaciones de medianas a pequeñas están todavía evaluando los costos y beneficios potenciales de tal adopción. La ponencia examina si los datos empíricos sostienen la alta difusión positiva que se ha dado a la RFID.

Se envió una encuesta a los miembros del Warehousing Education and Research Council (WERC) en firmas manufactureras, proveedores externos de almacenamiento/logística, mayoristas/distribuidores, y firmas minoristas para determinar si estaban implantando o no la tecnología RFID y qué retos estaban enfrentando.

Un alto porcentaje de quienes respondieron no están considerando actualmente la tecnología RFID. Las compañías que están implantando o considerando la RFID planean invertir una cantidad significativa de dinero en esta tecnología por los próximos tres años. Pero todavía existen ciertas preocupaciones y escepticismo acerca del potencial de la RFID para producir ahorros en los costos o un ROI (retorno sobre la inversión) positivo en el futuro cercano.

El estudio estuvo limitado a una muestra relativamente pequeña de miembros de la WERC y debería replicarse en el futuro, una vez que madure la adopción de la tecnología RFID. Implicaciones prácticas. Para que la RFID sea ampliamente adoptada debe haber un mejor ROI ya sea a través de reducción de los costos o la mejora del proceso del negocio. La RFID no es una moda y llegó para quedarse. Pocas de las compañías en el estudio esperaban un ROI positivo de la tecnología RFID. Sus experiencias y opiniones deberían ser de interés para aquellos que están investigando sobre RFID o considerando su adopción.

2.6. Agenda de investigación actual.

Según Lee y Özer (2007) a la identificación por radiofrecuencia todavía le falta sustentarse sólidamente mediante el análisis de modelos. La tecnología RFID se ha mostrado como una tecnología prometedora para rastrear los movimientos de los bienes en una cadena de suministro. Como tal, puede darle una visibilidad sin precedentes a la cadena de suministro. Tal visibilidad puede ahorrar costo de trabajo, mejorar la coordinación de la cadena de suministro, reducir los inventarios e incrementar la disponibilidad del producto. Los reportes de la industria y los reportes oficiales están ahora llenos de afirmaciones y estimaciones de los beneficios y valores cuantificados de la RFID. Los primeros usuarios están ahora arrastrando a más y más seguidores.

Sin embargo, estas afirmaciones son en el mejor de los casos tanteos educados, y no están soportadas, esto es, no están basadas en el análisis detallado de un modelo. La ponencia argumenta que hay una enorme brecha de credibilidad sobre el valor de la RFID, y que existe un vacío en demostrar cómo se llega a los valores proclamados, y cómo esos valores se pueden llevar a cabo. La ponencia muestra que esta brecha de credibilidad debe llenarse con sólidos análisis de modelos, y que por lo tanto, se presenta una gran oportunidad para la comunidad investigadora de Administración y Producción de Operaciones (POM). Este artículo revisa algunos de los esfuerzos de investigación que están a la vista y que intentan cerrar esta brecha de credibilidad, y sugiere direcciones adicionales para el fortalecimiento futuro de la contribución de las POM para ayudar a la industria a realizar el potencial total de la RFID.

Matta y Moberg (2006) también dicen que todavía falta investigación sobre la RFID. El uso de las tecnologías de información más nuevas, tales como la Identificación por Radiofrecuencia (RFID), puede mejorar la rapidez, precisión y visibilidad del intercambio de información dentro de las cadenas de suministro, la cual puede conducir, al final de cuentas a reducir los costos de inventario y mejorar el servicio al cliente. A pesar de toda la atención que se le ha prestado recientemente a la RFID, el paso de la adopción de la RFID real o planeada permanece de bajo a moderado. Además, dado el despliegue publicitario positivo sobre la RFID que se encuentra con frecuencia en la prensa comercial y en las conferencias, hay una cantidad sorprendentemente escasa de artículos de investigación empíricos o conceptuales en las corrientes literarias de la cadena de suministro y la tecnología.

Por lo tanto, la meta de este artículo es proponer una agenda de investigación para la adopción y la efectividad de la RFID que esté guiada por la investigación previa de la adopción de otras tecnologías en ambientes de negocios. Este artículo propone diseños de investigación primarios y secundarios para ayudar a los gerentes proporcionándoles guía sobre como soportar la adopción de la RFID. El diseño primario sugiere confirmar los antecedentes de la adopción. El diseño secundario sugiere comprobar las diferencias entre diferentes tipos de adoptantes.

2.7. Arquitectura de un proyecto de informática.

En informática, arquitectura es un término general que se aplica a la estructura de un sistema informático o de una parte del mismo. El término se aplica asimismo al diseño del software de sistema, por ejemplo el sistema operativo (el programa que controla la computadora), y también se refiere a la combinación de hardware y software básico que comunica los aparatos de una red informática. La arquitectura de ordenadores se refiere a toda una estructura y a los detalles necesarios para que ésta sea funcional. Por tanto, la arquitectura de ordenadores cubre sistemas informáticos, microprocesadores, circuitos y programas del sistema. Generalmente, el término no suele referirse a los programas de aplicación, como hojas de cálculo o procesadores de textos, que son necesarios para realizar una tarea pero no para hacer funcionar el sistema (Terra, 2011).

Arquitectura de programación en tres capas.

Este tipo de arquitectura de software es la que está siendo día a día más conocida. La programación por capas es un estilo de programación en la que el objetivo primordial es la separación de la lógica de negocios de la lógica de diseño, un ejemplo básico de esto es separar la capa de datos de la capa de presentación al usuario.

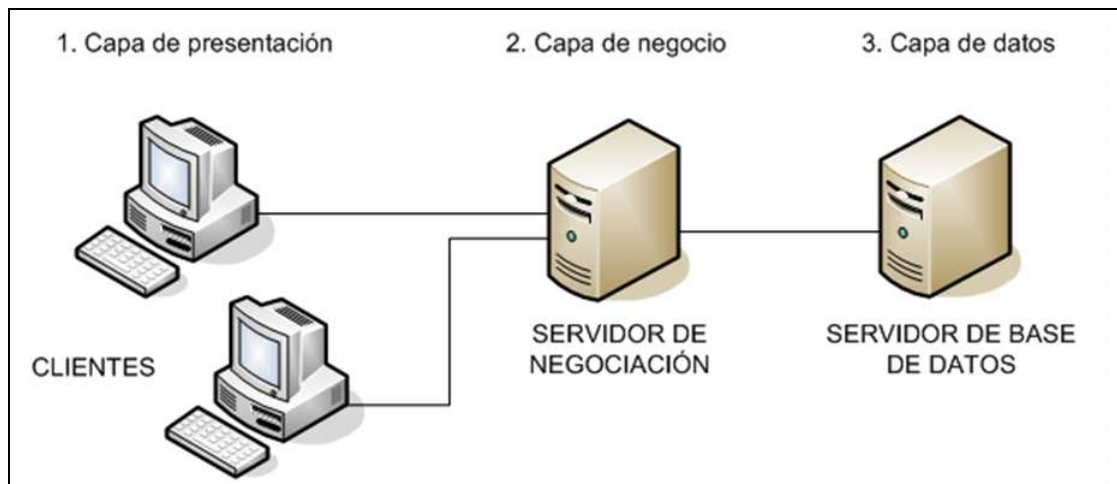


Figura 3. Arquitectura de tres capas.

Fuente: Maldonado, 2011.

La ventaja principal de este estilo, es que el desarrollo se puede llevar a cabo en varios niveles y en caso de algún cambio sólo se ataca el nivel requerido sin tener que revisar entre código mezclado.

En el diseño de sistemas informáticos actual se suele usar las arquitecturas multinivel o programación por capas. En dichas arquitecturas a cada nivel se le confía una misión simple, lo que permite el diseño de arquitecturas escalables (que pueden ampliarse con facilidad en caso de que las necesidades aumenten).

El diseño más en boga actualmente es el diseño en tres niveles (o en tres capas).

Describiendo los niveles que aparecen en la Figura 3 se tiene:

1. **Capa de presentación:** es la que ve el usuario (hay quien la denomina “capa de usuario”), presenta el sistema al usuario, le comunica la información y captura la información del usuario dando un mínimo de proceso (realiza un filtrado previo para comprobar que no hay errores de formato). Esta capa se comunica únicamente con la capa de negocio.
2. **Capa de negocio:** es donde residen los programas que se ejecutan, recibiendo las peticiones del usuario y enviando las respuestas tras el proceso. Se denomina capa de negocio (e incluso de lógica del negocio) pues es aquí donde se establecen todas las reglas que deben cumplirse. Esta capa se comunica con la capa de presentación, para recibir las solicitudes y presentar los resultados, y con la capa de datos, para solicitar al gestor de base de datos para almacenar o recuperar datos de él.
3. **Capa de datos:** Es donde residen los datos, está formada por uno o más gestores de bases de datos que realizan todo el almacenamiento de datos, reciben solicitudes de almacenamiento o recuperación de información desde la capa de negocio (Maldonado, 2011).

2.8. Recomendaciones para la arquitectura de un proyecto de RFID.

Según Bhatt y Glover (2006) una arquitectura se puede definir como una descomposición de un sistema informático particular en sus componentes individuales para mostrar cómo trabajan juntos los componentes para satisfacer las necesidades de todo el sistema. Con esta definición en mente, se puede decir con confianza que no hay tal cosa como una arquitectura de RFID única y universal que se adapte a todos los requisitos para todos los sistemas.

2.8. 1. Consideraciones sobre las cualidades sistémicas.

Como se sabe, los requisitos de un sistema son de dos tipos: funcionales y no funcionales. Los requisitos funcionales definen lo que hace el sistema, mientras que los requisitos no funcionales implican cualidades sistémicas tales como la privacidad y la seguridad, el rendimiento, la escalabilidad, facilidad de administración, ampliación y mantenimiento. Los sistemas de RFID han aumentado considerablemente la demanda de capacidades de procesamiento de datos en los bordes de los entornos corporativos. El volumen de datos de RFID en bruto que es capturado y está disponible para el filtrado, junto con la necesidad de monitorear y administrar automáticamente los dispositivos de RFID (como antenas y lectores), requiere un nivel de sofisticación que está ausente en los sistemas tipo código de barras a los que los sistemas de RFID reemplazarán.

A continuación se cubren algunas de las cualidades sistémicas más importantes.

- ♦ **Privacidad y seguridad.** Las medidas de seguridad implican esfuerzos para impedir tanto la corrupción de los datos de la etiqueta como la interceptación de las comunicaciones entre etiquetas y lectores. Por ejemplo, un lector de etiquetas malicioso que no es parte del sistema RFID puede tratar de leer las etiquetas que están en sus proximidades. La seguridad inalámbrica centra su actividad en el conducto de comunicación entre los lectores y las etiquetas ya que esta comunicación puede ser interceptada con dispositivos inalámbricos de suplantación de identidad. Cualquier aplicación sensible a la seguridad debe sopesar cuidadosamente los riesgos tanto de la interceptación como de la alteración de las comunicaciones de etiqueta a lector y las de lector a etiqueta.
- ♦ **Rendimiento.** El rendimiento se mide en términos del tiempo necesario para realizar una unidad de actividad. Dependiendo de la capa del sistema de RFID en que se está trabajando, las consideraciones de rendimiento pueden variar. Por ejemplo, para la capa física, el tiempo necesario para reconocer una etiqueta es una consideración de rendimiento importante. A medida que se avanza hasta el director de eventos de RFID y otros componentes del nivel de aplicación, las características de rendimiento estarán más preocupadas en el tiempo base necesario para realizar una unidad de actividad al nivel de aplicación.

- ♦ **Escalabilidad.** La escalabilidad tiene que ver con lo pequeño que un sistema puede comenzar y con qué rapidez se está dispuesto a crecer. Para los sistemas de RFID, la escalabilidad es mucho más que "margen de maniobra de CPU". Los requisitos de escalabilidad RFID a menudo se expresan así: "El sistema de envío debe ser capaz de manejar 12 muelles de carga inicial y ser capaz de escalar a 60 muelles de carga en 3 años con no más de un ciclo de dos semanas de la instalación de un grupo de cuatro nuevos muelles de carga y conectarlos".
- ♦ **Capacidad de gestión.** Los servidores de información de RFID suelen ser alojados en un centro de datos o sala de servidores. Personal de operaciones puede supervisar y administrar los servidores utilizando procedimientos desarrollados para cualquier otro servidor de aplicaciones. Los organizadores de eventos y los lectores se encuentran en los muelles de carga y almacenes, en los remolques de camiones y en los patios de trenes, en incluso de casetas de lámina en el centro del campo. Un lector puede ser tan complejo como un servidor, al grado que requiere actualizaciones de software o firmware de control y gestión.
- ♦ **Extensibilidad y mantenibilidad.** Una instalación de RFID de cualquier tamaño debe estar preparada para conectar a los lectores con diferentes requisitos de montaje, diferentes interfaces de gestión, e incluso diferentes fabricantes, en función de lo que esté disponible esta semana. Los requisitos en esta área a menudo se expresan así: "El sistema receptor debe ser capaz de utilizar cualquier clase de lector de EPC de cualquier proveedor, con menos de tres días-persona para la configuración de un nuevo tipo (Bhatt y Glover, 2006)".

2.8.2. Directrices de arquitectura.

La infraestructura de los componentes de borde de RFID debe ser increíblemente robusta. Idealmente, los lectores, middleware de RFID, etc. deben funcionar sin esfuerzo a la manera de conectar y funcionar. En otras palabras, deben ser los equivalentes borde de teléfonos, en términos de facilidad de uso, aprovisionamiento, monitorización y gestión. Un ser humano que maneja un escáner de código de barras sabrá cuando éste está funcionando mal, pero para controlar y gestionar los lectores RFID se debe emplear medios automáticos. Además, se tendrá que proteger a las aplicaciones desde el gran número de lectores desplegados a lo largo de la tienda o en algún otro lugar. Para apoyar todo esto, sus arquitecturas de borde tendrán que ser más flexibles, escalables, robustas, seguras y manejables que nunca.

- ♦ **Comience con los requisitos empresariales.** El aspecto más alto en el diseño de los sistemas RFID son los procesos de negocio. Los consultores de arquitectura del sistema, que han abarcado varias nuevas olas de tecnología, dicen que a menudo la gente se olvida que el propósito fundamental de la tecnología es resolver problemas de negocio.

- ♦ **No se olvide de la infraestructura existente.** La mayoría de las veces, los sistemas de RFID tendrán que coexistir con los sistemas de código de barras. Cuando se planifica la arquitectura de un sistema RFID, se debe prestar especial atención a los sistemas existentes y los procesos del negocio.
- ♦ **Procesar los datos en el borde cuando sea posible.** Esto significa que las observaciones en bruto recogidas por los lectores de RFID deben ser filtrados en la orilla para enviar a las aplicaciones sólo que es significativo. Desarrollar una arquitectura de gestión de datos que mantiene los datos para el flujo de trabajo en el borde.
- ♦ **Rastrear los ítems al hasta el nivel que lo permita el proceso del negocio.** La capacidad de seguimiento de cada artículo ofrecido por los sistemas de RFID puede ser útil para muchas aplicaciones. Pero el verdadero desafío no está en únicamente en la identificación de una etiqueta de RF, sino en averiguar qué vamos a hacer con esa información. Porque más información no siempre es mejor, se debe sopesar el costo de generación, almacenamiento y procesamiento de esta información en contra de los beneficios empresariales (Bhatt y Glover, 2006).

2.8.3. El sistema de gestión de fallas.

El nivel y la escala de automatización de algunos sistemas de RFID plantean retos importantes para los gerentes y administradores de sistemas. Como se dijo anteriormente, si un escáner de código de barras se descompone, el operador humano se dará cuenta inmediatamente y llamará al servicio técnico. Las capacidades de procesamiento automatizado que ofrecen las tecnologías de RFID hacen indispensable que también los fallos del sistema se detecten en forma automática. Se debe tener un plan para lo que se hará cuando haya un mal funcionamiento de una antena, un lector o un gestor de eventos. Se debe considerar el uso del middleware y otras soluciones de gestión del sistema para mantenerse por delante de las dificultades que vienen con una infraestructura de frontera de rápido crecimiento.

- ♦ **Comience con la arquitectura.** La mayor parte de las veces la arquitectura de una empresa se forma a partir de la selección de productos. Con escasas excepciones, al paso del tiempo, se desarrolla una arquitectura propietaria que está encadenada a un producto y proveedor particulares. Lo que se debe hacer es comenzar con interfaces bien definidas entre los diferentes niveles, tales como los organizadores de eventos, aplicaciones y servidores de integración, y luego elegir los productos que se ajusten a su arquitectura. Más tarde, se obtiene la recompensa con una mayor flexibilidad e independencia.
- ♦ **Uso del middleware de RFID.** Cómo se ha explicado anteriormente, es necesario el uso del middleware de RFID para todas las implementaciones, excepto las más triviales. El middleware de RFID ayuda a desacoplar las aplicaciones empresariales de la arquitectura física de los sistemas RFID, las aplicaciones no necesitan saber acerca de los vendedores del lector, su API, o la configuración física de los lectores y antenas. Además de esto, el middleware de RFID ofrece la importante función de

filtrado de los datos muy fragmentados que vienen de los lectores. Al reducir el volumen de datos que pasan a través de redes de área extensa, la filtración le permite definir el nivel de aplicación de los eventos y pasar la información más significativa a las aplicaciones de la empresa (Bhatt y Glover, 2006).

2.9. Estándares para una arquitectura de RFID.

Para una arquitectura de RFID no es suficiente con el hardware y el software, se necesita además contar con estándares que garanticen la compatibilidad entre los diferentes elementos de una misma arquitectura o entre dos arquitecturas distintas. La compañía EPCglobal está conformada por muchas empresas líderes en el área de la RFID y se han dedicado a establecer normas para buscar la compatibilidad, mismas que se han convertido en el estándar de facto en el área de la RFID.

La Red EPCglobal es una aplicación tecnológica que permite que las organizaciones sean más eficientes logrando una verdadera visibilidad de la información sobre sus productos en la cadena de abastecimiento. Este nuevo estándar global y abierto combina la tecnología RFID de bajo costo, una infraestructura de redes de comunicación existente y el Código Electrónico de Producto (EPC) para crear información precisa, efectiva y en tiempo real. Se basa en una investigación llevada a cabo por el Auto-ID Centre, con el respaldo de más de 100 compañías líderes (EPCglobal, 2011).

En la Figura 3 se muestran algunos de los estándares implantados por esta compañía, se debe tomar en cuenta que su propósito no es diseñar la arquitectura sino buscar su compatibilidad. La figura está tomada del sitio de EPCglobal y traducida al español, pero en la figura original se encuentran ligas que llevan del nombre de cada estándar a una explicación de su significado.

A manera de ejemplo, el estándar de Pedigrí está relacionado con la industria farmacéutica y se relaciona con la confiabilidad de cierto tipo de información, los servicios de descubrimiento permiten encontrar datos relacionados algún Código Electrónico de Producto que nos interese, aunque no pertenezca a nuestra compañía, y así por el estilo.

Elementos que intervienen en la red EPC (EPCglobal Network).

La Red EPC global está formada por 6 elementos fundamentales:

- ♦ **Código Electrónico del Producto (EPC).** El EPC es un conjunto de números que identifica única e inequívocamente a un artículo en la cadena de suministro.
- ♦ **Etiqueta EPC.** En este sistema la etiqueta ya no es un código de barras, sino un tag (chip de radiofrecuencia unido a una antena). Cada tag contiene un código electrónico del producto (EPC) único.
- ♦ **Lectores EPC.** Asimismo, el tradicional escáner o lector de código de barras pasa a ser un lector de RFID con una o varias antenas, de forma que, por ejemplo, cuando una agrupación de mercancía identificada con EPC cruza a través de un lector de RFID, las antenas activan cada uno de los tags recogiendo simultáneamente la información de productos contenida en cada uno de ellos. Los lectores EPC están

situados en puntos estratégicos de la cadena de suministro con el fin de poder localizar los movimientos de los artículos.

- ♦ **Software personalizado EPC (EPC Middleware).** Se trata de una tecnología que gestiona la información EPC y los sistemas de información de las compañías existentes.
- ♦ **Servicios de información EPC (EPC IS).** Estos servicios permiten intercambiar los datos incluidos en el EPC con los socios del mercado a través de la red EPCglobal.
- ♦ **Servicios Discovery.** Son un conjunto de servicios que permiten a los usuarios encontrar datos relacionados a un EPC específico y solicitar acceso a los mismos.

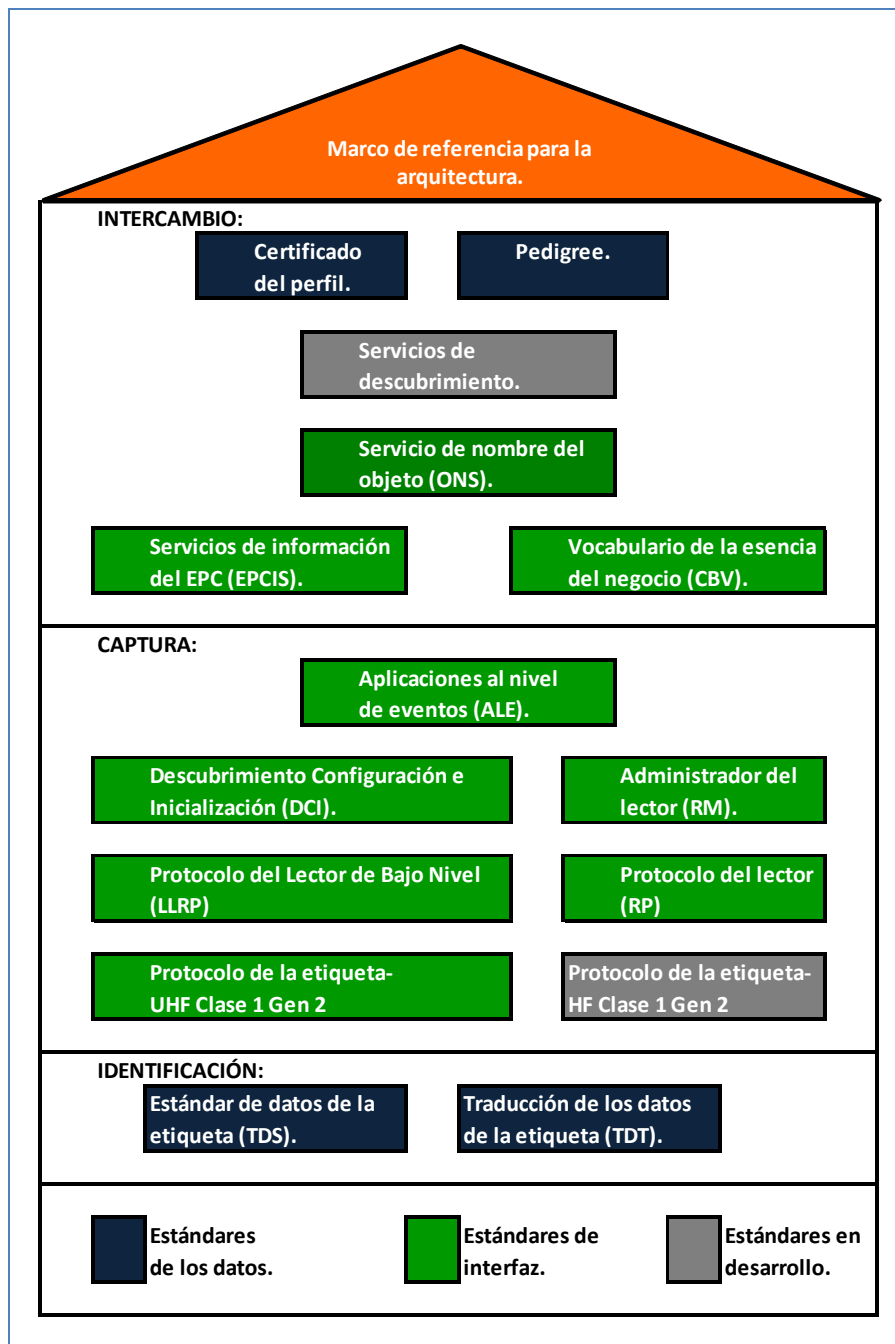


Figura 4. Elementos que intervienen en la red EPC (EPCglobal Network).
Fuente: (EPCglobal, 2011).

2.10. Retorno sobre la inversión en un proyecto de RFID.

Una de las críticas más fuertes que se le hacen a un proyecto de RFID es que su retorno sobre la inversión, ROI, es muy bajo y hasta negativo.

Si se va a hablar sobre ROI, primero es necesario establecer cómo se va definir o a medir, lo cual no es tan sencillo como aparenta.

2.10.1. El valor presente neto.

Banks y Trigos (2011) exploran el significado de Retorno Sobre la Inversión cuando se usa en el contexto de la RFID. Según ello, el RFID Journal describe el retorno sobre la inversión en RFID como: "la razón del dinero ganado o perdido en una inversión relativa a la cantidad invertida", pero esta definición no es única, pues al menos catorce medidas financieras del desempeño satisfacen esta definición, cada una de ellas tiene sus propias suposiciones, definiciones e interpretaciones.

Muchas de esas medidas, a las que llaman corporativas, no fueron diseñadas con el propósito de evaluar proyectos sino de evaluar el desempeño de la firma sobre un período determinado, por lo tanto no se recomiendan para evaluar proyectos de inversión.

Exploran las catorce formas diferentes de medir el retorno sobre la inversión, y concluyen que para un proyecto de RFID lo mejor es el valor presente neto, definido como la cantidad de ganancia equivalente que el proyecto daría en su inicio.

2.10.2. Beneficios obtenidos con la RFID.

Si ya se sabe que lo que más conviene es el valor presente neto, queda por establecer en qué consisten las ganancias de este tipo de proyectos, que no van a ser siempre en efectivo sino en algún tipo de eficiencia o capacidad. Para Pisello (2006) la tecnología RFID es un componente clave de la solución de movilidad de una empresa, combinada con las mejoras apropiadas al proceso del negocio, puede resultar en beneficios claros en las siguientes áreas clave:

- ♦ **Automatización.** Se reducen los procesos manuales a través del escaneo y el ingreso automático de los datos, se mejora la productividad permitiendo que los recursos sean reasignados a actividades de más alto valor.
- ♦ **Integridad.** Se mejora la integridad de la información en tiempo real de la cadena de suministro con un aumento en la autenticación, la seguridad y la capacidad de rastreo, reduciendo errores, mermas y falsificaciones a la vez que se mejora la satisfacción del cliente. La información solamente es valiosa si es correcta.
- ♦ **Velocidad.** Reduciendo aspectos del flujo del trabajo mediante la minimización del tiempo gastado en rastrear y encontrar los activos necesarios, y de paso incrementando el flujo del producto y la velocidad del manejo.
- ♦ **Visibilidad.** Proporcionando la información en tiempo real necesaria para tomar decisiones más rápidas, mejores y más informadas y la habilidad de tener mayor capacidad de respuesta con el consumidor.
- ♦ **Aptitudes o capacidades.** Proveyendo nuevas aplicaciones y calidad para enfrentar las demandas de los socios de la cadena de suministro y mejorar las experiencias de los clientes.

Según Veeramani (2005) las compañías que están tratando de justificar la inversión en RFID totalmente sobre la base de los ahorros anticipados en trabajo, eficiencia operacional y la reducción de mermas en su cadena de suministro están simplemente engañándose a sí

mismas. De hecho, si una compañía encuentra áreas de oportunidad significativas en estos temas, significa que existen ineficiencias grandes en sus operaciones, y que la compañía puede lograr mejoras grandes aún sin la aplicación de la RFID.

Los beneficios de la RFID relacionados con la reducción de los costos de labor y de los robos representan solamente la punta del iceberg. Para ganar los beneficios más grandes de la RFID, las compañías deben repensar en cómo se toman las decisiones de planeación y ejecución de la cadena de suministro y adoptar procesos de cadena de suministro mejorados mediante la reingeniería. Esto no es trivial y requiere una comprensión profunda de cómo la RFID impacta en la dinámica de la cadena de suministro.

El ROI es generado mediante la administración de los datos y no simplemente mediante el reemplazo del hardware.

La ecuación de costo/beneficio de la RFID necesita impactar en los objetivos financieros globales del negocio, como se expone en la Tabla 4.

Tabla 4. Impacto de los beneficios de la RFID en los objetivos de negocios.

Fuente: Veeramani, 2005.

Objetivo de negocios:	Beneficios de la RFID:
Aumentar las ganancias.	Aumento en la disponibilidad en anaquel. Mejora en el servicio al cliente.
Reducción de los costos de operación.	Eliminación de los conteos físicos de los inventarios. Incremento de la eficiencia y precisión del embarque y recibimiento. Proceso de recolección más rápido en el almacén. Reducción del número de productos invendibles (promocionales, estacionales y deteriorados). Mejora en la visibilidad y trazabilidad de los artículos.
Optimización de los activos empleados.	Reducción de los niveles de inventarios. Reducción de los requerimientos de almacenaje. Mejora de la productividad mediante la entrega JIT y la compartición de la información.
Mejora de la seguridad y el control de calidad.	Reducción de las mermas. Mejora de la responsabilidad en productos devueltos y asuntos de seguridad de los alimentos. Reducción de la exposición del público a riesgos de seguridad (materiales peligrosos). Mejor monitoreo de envíos que cruzan la frontera. Mejora de la visibilidad y el reciclado.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS.

3.1. Resultados obtenidos.

Los resultados a exponer se pueden resumir como:

- ♦ Una identificación de los factores de éxito para la implantación de la RFID en la región bajo estudio.
- ♦ Una arquitectura de RFID basada en software libre, estándares internacionales y los factores de éxito identificados.
- ♦ Validación del sistema mediante una corrida de laboratorio.
- ♦ Una estimación del precio de venta.

3.2. Identificación de los factores de éxito.

3.2.1. Diseño del cuestionario.

En las Tablas 5, 6 y 7, se exponen las características de la RFID según tres autores usados para diseñar el cuestionario, se debe precisar que la lista no es exhaustiva, sino sólo una muestra de los autores consultados.

Tabla 5. Características de la RFID extraídas de Lee y Özer (2007).
Fuente: Lee y Özer (2007).

Ahorros en costos de trabajo.
Reducción del inventario.
Reducción de mermas en el inventario.
Reducción de artículos solicitados y no disponibles en el inventario.
Se incrementa la trazabilidad.

Tabla 6. Características de la RFID extraídas de Katina y McCathie (2005).

Fuente: Katina y McCathie (2005).

El escaneo es automático, sin una línea de visibilidad directa. Se reducen los costos de mano de obra. Se mejora la trazabilidad. Se mejora el proceso de las devoluciones. La trazabilidad es al nivel de artículo. El sistema es muy confiable. Se mejora el manejo del inventario. Se mejora la seguridad. Puede trabajar en medios ambientes difíciles. Para hacer implantaciones se debe mejorar el sistema y el software. Los proveedores y detallistas deben cooperar. Su precio todavía es prohibitivo para muchos.
--

Tabla 7. Características de la RFID extraídas de Fish y Forrest (2008).

Fuente: Fish y Forrest (2008).

Reducción de errores de conteo humanos. Reducción de inventario perdido en el almacén. Mejora en el rastreo de artículos a lo largo de la cadena de suministro. Minimización de robos. Reducción de falta de inventarios con los artículos de alta demanda. Mayor exactitud en el inventario. Se mejora el servicio al consumidor. Mejor administración de las devoluciones.

Por medio de la revisión de las Tablas 5, 6 y 7 se llegó a generalizar los factores críticos de éxito que se señalan en la Tabla 8. Cada uno de estos factores, se desglosó en cinco o seis preguntas para formar el cuestionario que se muestra en el Anexo 1.

Tabla 8. Factores críticos de éxito extraídos de la literatura.

Fuente: Lee y Özer (2007), Katina y McCathie (2005), Fish y Forrest (2008).

Mejorar el control de inventarios. Reducir las pérdidas por artículos robados o extraviados. Mejorar el servicio al cliente. Administración de flotillas de camiones. Aumentar la eficiencia logística. Preferencia por el uso de la tecnología avanzada.
--

El cuestionario se aplicó a un grupo de gerentes de almacén, después de haberles presentado una explicación y de haberles dado una demostración práctica del funcionamiento de la RFID, con lo que se superó uno de los obstáculos para la adopción que es la falta de conocimiento de la tecnología por aquellos a quienes corresponde implantarla.

3.2.2. Resultados del análisis de componentes principales.

El Análisis de Componentes Principales (ACP o PCA en inglés) es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible. Los nuevos componentes principales o factores serán una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí. Un aspecto clave en PCA es la interpretación de los factores, ya que ésta no viene dada a priori, sino que será deducida tras observar la relación de los factores con las variables iniciales (habrá, pues, que estudiar tanto el signo como la magnitud de las correlaciones). Esto no siempre es fácil, y será de vital importancia el conocimiento que el experto tenga sobre la materia de investigación (Universidad de Michoacán, 2011).

Esta técnica puede usarse para validar un cuestionario, cuando los componentes principales coinciden con los constructos los que se basó el cuestionario, en otras palabras, cuando los componentes principales que se supusieron desde el principio son los mismos que da el análisis. Otra forma de usarla es como una técnica avanzada de estadística exploratoria, porque nos permite inferir algunas variables principales a partir de un gran número de ellas.

El detalle de los resultados del paquete SPSS se puede encontrar en el Anexo 2. Fueron identificadas tres variables, la primera de las cuales se muestra en la Tabla 9, en la cual todos los coeficientes de correlación son bastante altos. Al examinar las preguntas se puede notar que la palabra tecnología aparece en las tres primeras preguntas y que las cuatro últimas preguntas están relacionadas con los costos.

Tabla 9. El primer componente.

Fuente: Sánchez y Murrieta, 2010.

Correlación.	Pregunta.
0.835	Me gusta usar la tecnología más avanzada.
0.835	Dispongo de asesoría confiable para usar la tecnología más avanzada.
0.812	Quiero estar a la vanguardia en la tecnología de control de inventarios y/o flotillas.
0.786	Mis costos de acarreo y distribución son significativos.
0.740	Necesito información de mis artículos en tiempo real.
0.643	Debo reducir mi nivel de inventarios.
0.695	Sufro pérdidas importantes por extravío de artículos.

En la Tabla 10 se muestran los resultados para el segundo componente, los coeficientes de correlación también son altos, y en la interpretación se nota que la palabra información aparece tres veces y que las preguntas se relacionan con tomar el control.

Tabla 10. El segundo componente.

Fuente: Sánchez y Murrieta, 2010.

Correlación.	Pregunta.
0.943	Quiero reducir la diferencia entre lo que pagó y recibió mi cliente.
0.908	Es importante reducir el inventario perdido en el almacén.
0.876	Me sería útil tener más información de la que da el código de barras.
0.751	Puedo manejar una cantidad grande de información sobre mis artículos.
0.749	He perdido pedidos importantes por no tener localizada la mercancía a tiempo.
0.763	Los artículos que necesito controlar son fáciles de robar.
0.667	Me interesa tener bien controlado el proceso de devoluciones.
0.570	Me es importante procesar instantáneamente la información de mis inventarios.

Para el tercer componente, que se muestra en la Tabla 11, los tres coeficientes de correlación coinciden en un solo número, que es bajo comparado con los anteriores, pero que todavía tiene un buen nivel. Para la interpretación, las palabras significativas son clientes, consumidor y ventas.

Tabla 11. El tercer componente.

Fuente: Sánchez y Murrieta, 2010.

Correlación.	Pregunta.
0.697	Quiero saber si mi cliente recibió su mercancía en buen estado y a tiempo.
0.697	Es muy importante mejorar mi capacidad de respuesta para con el consumidor.
0.697	Me convendría reducir mi tiempo entre vender y recibir mi pago.

En la Tabla 12 se resume la interpretación de los tres componentes, el paquete SPSS pide que el eigenvalor mínimo sea de 1, y los que obtuvieron fueron todos mayores que 4, por otra parte, la varianza explicada acumulada alcanzó el 88.933%. En la última columna se presenta la interpretación de las variables.

Tabla 12. Interpretación de los componentes.

Fuente: Sánchez y Murrieta, 2010.

Componente.	Eigenvalor.	Porcentaje de la varianza.	Interpretación.
1	8.560	37.216%	Disposición para el uso de tecnología avanzada y la necesidad de reducir pérdidas.
2	6.952	30.224%	La optimización de la información: suficiente, actualizada y útil.
3	4.943	21.493%	El cliente y el proceso de compra-venta.

3.3. Arquitectura de RFID.

Aunque hay muchas arquitecturas de RFID posibles, algunas de ellas son de cinco capas, la que se expone a continuación es de solamente tres capas, y está adaptada a las necesidades de la región y de preferencia para pequeños empresarios.

3.3.1. Diagrama de la arquitectura de tres capas.

En la Figura 5 se muestra la arquitectura de tres capas que se usó para este proyecto.

- ♦ Capa de Hardware.
- ♦ Capa de Middleware.
- ♦ Capa de ERP.

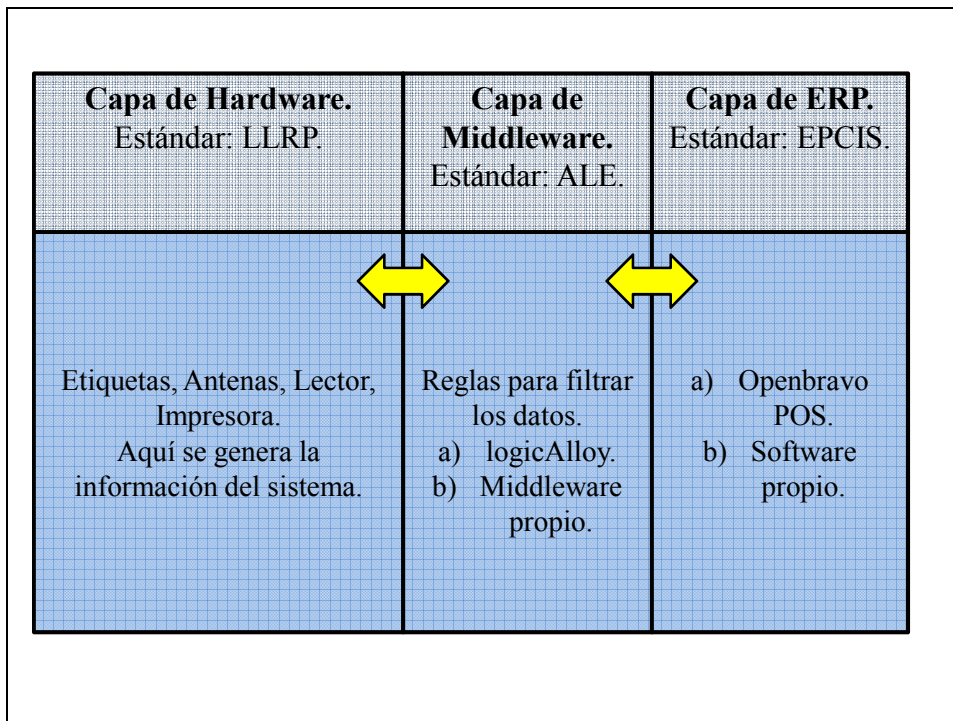


Figura 5. Arquitectura de RFID del proyecto.

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 13 se muestran los estándares que usaron para cada una de las capas. Los estándares no van a ser manejados directamente por el cliente, pero le garantizan que su sistema se podría comunicar con otros o que sería compatible.

Tabla 13. Estándares usados para el proyecto.

Fuente: Ortega, 2011.

EPCIS	Servicio de visualización de eventos.
ALE	Servicio de datos al lector.
LLRP	Lector de protocolo.

3.3.2. La capa de Hardware.

Las etiquetas.

Se usaron etiquetas de tipo pasivo, por ser las más sencillas y económicas, éstas van pegadas al producto y cada una de ellas envía un solo dato al lector, que es el EPC o código electrónico del producto.

El Código Electrónico del Producto (EPC), es un esquema de identificación que puede identificar a cada objeto físico como único. En el contexto de la tecnología RFID es un número de 96 bits que contiene la siguiente información: encabezado, número del administrador, clase de objeto y número de serie (Zuravlyov y Latisheva, 2008).

El lector.

El lector a su vez, está formado por tres componentes: la antena, el controlador y la interfase con la red.

Se usaron dos antenas, acomodadas en forma de portal, donde una de ellas registraba la entrada de una etiqueta y la otra registraba la salida. El número de antenas y la forma en que se acomodan puede variar.

El controlador es un aparato computacional que puede ser variar en complejidad desde un simple chip hasta una computadora completa con múltiples funciones. Es responsable de controlar el lado del lector del protocolo de la etiqueta, así como de determinar cuando la información leída de una etiqueta constituye un evento digno de ser enviado a la red. En adelante, se entenderá por evento la definición de Bhatt y Glover (2006) como aquellas observaciones que difieren de las anteriores.

Interfase con la red, para que la información sea de utilidad, debe pasar a la red y los medios de comunicación más modernos que se están usando son Ethernet, Bluetooth y aún Zigbee (Bhatt y Glover, 2006).

La impresora.

Los aparatos para imprimir y aplicar para etiquetas inteligentes incorporan un lector, una impresora, un verificador y un amplificador y pueden imprimir códigos de barras e información legible para los humanos sobre los papeles de las etiquetas. Las etiquetas típicamente son aplicadas ya sea en el estilo de engomado o por presión.

La impresora de un aparato de RFID para imprimir y aplicar no son muy diferentes de cualquier otra impresora de código de barras, pero las impresoras de código de barras sí son muy diferentes de las impresoras de inyección de tinta de las oficinas. Estas impresoras suelen correr una cinta o una etiqueta web a través de bobinas, de modo que puede imprimir en un lado y luego voltear la etiqueta a la posición para la aplicación. Todas estas impresoras tienen la capacidad de imprimir etiquetas de acuerdo a las plantillas que describa el diseño del propietario (Bhatt y Glover, 2006).

Se ha hecho una descripción de las impresoras, porque el cliente podría necesitarlas, pero para las corridas de prueba que se hicieron había otras opciones: las etiquetas se pueden

comprar con un número EPC predeterminado, o bien, el software puede generar números de etiqueta y eso es el equivalente a tener una impresora.

Los números de etiqueta o EPC son administrados en primera instancia por algún tipo de software. Ortega (2011) comparó dos alternativas de software libre para manejar los EPC: Rifidi y logicAlloy, quedando como mejor opción el segundo debido a que tiene mayor compatibilidad con el hardware que se usó, a que es más fácil de manejar y que cumple con las especificaciones ALE.

3.3.3. La capa de Middleware.

Esta capa además de filtrar los datos, establece ciertas reglas que dependen del tipo de negocio de que se trate. Si un negocio tiene reglas muy particulares, se tendrá que hacer una adaptación al middleware.

3.3.3.1. La importancia del middleware.

En el mundo de la RFID muchas veces el middleware es el gran desconocido porque constantemente se habla de los lectores y de los tags, pero no hay que olvidar que la gestión de la información captada por dichos elementos es igual o más importante.

El middleware es una aplicación que reside entre el hardware RFID y las aplicaciones empresariales. Su función abarca muchos aspectos como la gestión de los lectores, el filtrado de los datos y el control de la infraestructura. Es un componente de la solución que puede determinar el éxito de la implantación en una empresa (Hostalot, 2005).

Hostalot (2005) hace las siguientes observaciones sobre la relevancia del middleware en un proyecto de RFID.

- ♦ La capa física o de Hardware no aporta ningún valor real si no se sabe cómo actuar con la información recolectada por la RFID.
- ♦ El middleware es la pieza esencial si se quiere extrapolar un proyecto piloto a una implementación o si se quiere extraer la información con coherencia aunque se esté en la fase inicial.
- ♦ Crear un sistema RFID integrado aporta beneficios internos a la propia empresa, más allá de un simple cumplimiento de mandato o prueba piloto. Básicamente, puede gestionar a nivel de control y configuración toda la red de hardware de lectores y tags, recolectar y filtrar datos, y traspasarlos de manera eficiente a los sistemas de gestión empresarial como aplicaciones de control de almacén, cadena de suministro o contabilidad.
- ♦ Muchas empresas se preguntan si el middleware es imprescindible en un proyecto, y la respuesta es, depende. Hay varios factores como la complejidad y la dimensión de la aplicación. Si es una aplicación puntual sin capacidad para crecer podríamos obviar este importante componente.
- ♦ Un proyecto piloto no se puede validar si no está integrado, y para eso es indispensable el middleware.
- ♦ La inversión necesaria es una de las grandes limitaciones de los proyectos RFID, y buena parte de esa inversión corresponde al software, es en este punto donde una

iniciativa Open Source (software de libre distribución) toma un papel que facilita y permite gozar de un software de calidad empresarial sin costo alguno hasta que se necesite el soporte.

El middleware de RFID debe cumplir tres funciones principales:

- ♦ Aislar las aplicaciones de los aparatos de interfaz.
- ♦ Procesar las observaciones en bruto capturadas por los lectores y sensores de manera que las aplicaciones puedan ver solamente eventos significativos, de alto nivel, reduciendo por lo tanto, el volumen de información que tienen que procesar.
- ♦ Proveer una aplicación al nivel de interfaz para administrar a los lectores e interrogar a las observaciones de RFID.

La mayoría de los middleware de RFID disponibles hoy en día cumplen con estas características (Bhatt y Glover, 2006).

3.3.3.2. El middleware usado.

El middleware es básico para una arquitectura de RFID, y hay tres opciones que se deben considerar.

- ♦ Usar software propietario comercial.
- ♦ Usar software libre.
- ♦ Desarrollar software propietario.

Se prefirió la tercera opción, y el programa fue desarrollado por Castaños et al. (2011), estudiantes de la carrera de Ingeniería de Software.

En las Figuras 6 y 7 se dan explicaciones muy básicas del funcionamiento de este programa.

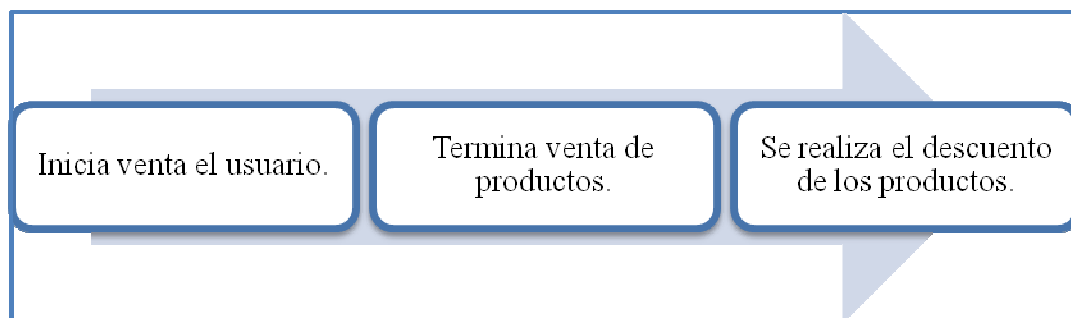


Figura 6. Cadena de valor de la operación.
Fuente: elaboración propia.

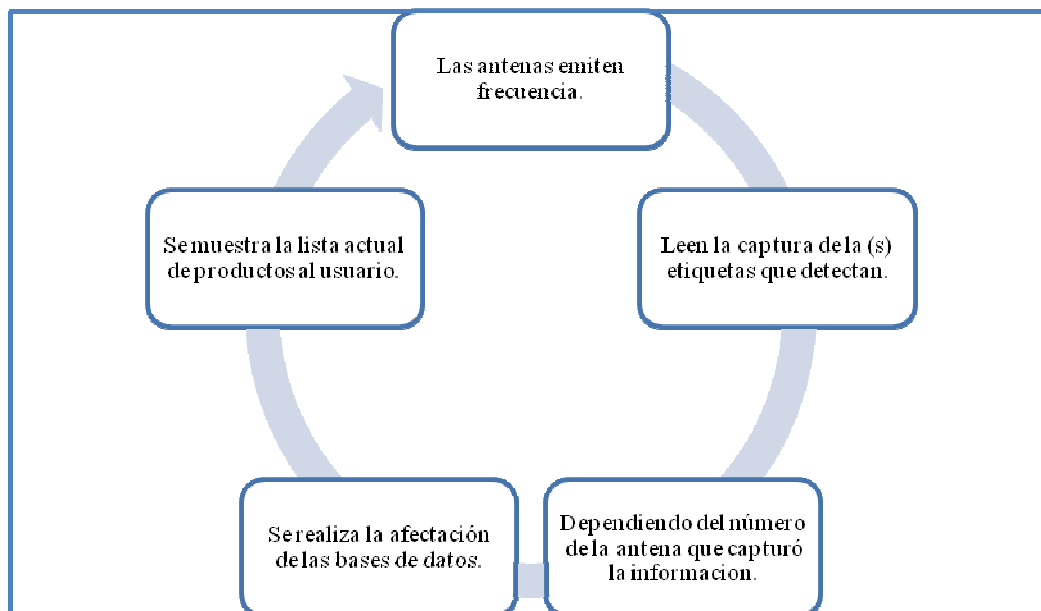


Figura 7. Operaciones que realiza el middleware.

Fuente: elaboración propia.

3.3.4. La capa de ERP.

Esta es la parte que puede ver y manejar el cliente, y también se deben cubrir varias posibilidades.

- ♦ Adaptación a un ERP propietario comercial o su equivalente.
- ♦ Adaptación a un ERP de software libre o su equivalente.
- ♦ Desarrollar un software propietario que realice estas funciones.

En este proyecto la capa de presentación se realizó acoplando la capa de información del sistema con el software libre Openbravo POS. La razón de preferir Openbravo es porque se trata de un software libre que es muy usado, por otra parte, se prefirió usar la versión POS que se concentra en el proceso de compra-venta, para dirigir la arquitectura hacia empresas pequeñas que no tienen un software propietario complejo.

También se está en proceso de desarrollar en ITSON un software propietario sencillo que haga los registros de compra y venta.

Para el caso de que los clientes ya tengan un software propietario, lo que se hará es desarrollar software tipo parche para hacer la adaptación, pero esta fase no se ha probado.

3.3.4.1. Openbravo, un ERP de software libre.

En la Tabla 14 se presenta una lista de ERP de software libre, su fecha de publicación y las descargas que se han registrado durante un período de 10 semanas. Los autores resaltan que la simple descarga no es garantía de que el ERP haya sido realmente adoptado o considerado de buena calidad, pero que éste es un indicador con el que sí se cuenta. El mayor número de descargas corresponde a Openbravo, que por otra parte, es el único ERP de software libre que claramente se describe a sí mismo como un ERP enfocado hacia las empresas pequeñas.

Tabla 14. Algunos de los ERP de software libre más populares.
Fuente: Johansson y Sudzina, 2008.

ERP de software libre.	Descargas observadas en 10 semanas.	Inicio del proyecto.
Compiere.	28938	8 de Junio de 2001.
Openbravo.	100546	9 de Marzo de 2006.
Opentaps.	27535	10 de Agosto de 2005.
Facturalux.	4866	1 de Septiembre de 2006.
WebERP.	10946	7 de Enero de 2003.
TinyERP.	14163	25 de Marzo de 2005.

Serrano y Sarriegi (2006), citados por Johansson y Sudzina (2008) establecen que los beneficios de usar software de open source son mayores para el caso de los ERP que para otros tipos de aplicaciones por tres razones principales:

- ♦ **El aumento en la adaptabilidad.** Los ERP no están listos para conectarse y usarse. Siempre necesitan un proyecto de implantación para hacer coincidir los procesos del negocio con las regulaciones locales. Tener acceso total al código fuente del ERP puede facilitar esta inevitable adaptación al cliente.
- ♦ **Se reduce la dependencia sobre un solo proveedor.** Los hombres de negocios que adquieren un ERP propietario son altamente dependientes de los creadores y distribuidores del producto, esto es, de los propietarios del código fuente. Si uno de estos agentes, o los dos, desaparecen, el mantenimiento y la mejora del ERP pueden significar problemas considerables.
- ♦ **Reducción en los costos.** Las licencias de los ERP propietarios son caras. Una regla empírica establece que es entre un sexto y un tercio del costo del proyecto de implantación. Los ERP de open source evitan este costo. Además, por lo general no necesitan hardware caro para funcionar (Johansson y Sudzina, 2008).

Maccormack et al. (2006) citados por Johansson y Sudzina (2008) proponen que los códigos de fuente abierta y propietarios pueden mostrar diferencia en su modularidad, y que el de fuente abierta es más modular que el propietario. La razón es que su desarrollo con frecuencia involucra a una gran cantidad de desarrolladores. Se puede afirmar que si un

desarrollo no tiene un alto nivel de modularidad, un proyecto de software libre resultará en software con un alto nivel de problemas (Johansson y Sudzina, 2008).

Las empresas grandes normalmente tienen un ERP propietario que suele ser de muy alto costo y que administra todos los aspectos de la organización, pero el sistema de este proyecto está planeado para empresas pequeñas y de recursos limitados, por lo que se eligió un ERP de software libre llamado Openbravo. La razón para elegir este software en particular fue que en el Instituto Tecnológico de Sonora ya tiene experiencia con este paquete porque lo ha ofertado a los pequeños empresarios de la región como parte de su aportación a la transferencia de tecnología. Por otra parte, es un paquete modular y en una implantación inicial de RFID, se puede usar solamente el módulo de Gestión de Ventas, el de Gestión de Almacenes o el que más convenga (Openbravo, 2011).

En la Figura 8 se muestran las funcionalidades del ERP Openbravo.

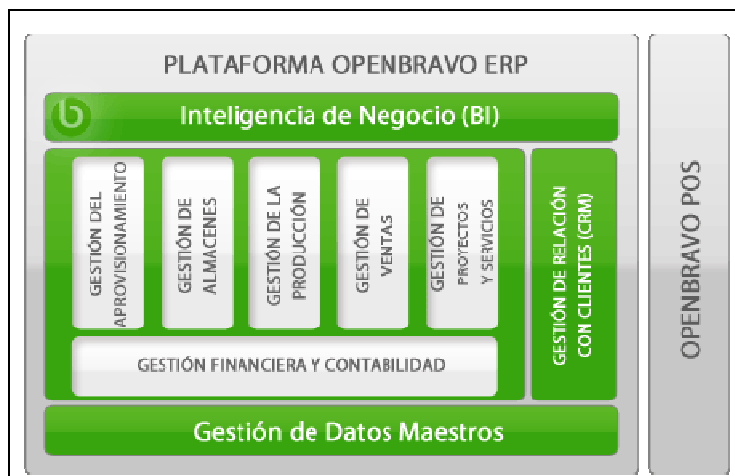


Figura 8. Las funcionalidades de Openbravo.

Fuente: Openbravo, funcionalidades, 2011.

El software Openbravo también tiene las siguientes características:

- ♦ **Completo:** La amplia cobertura funcional que incluye Contabilidad, Ventas Aprovechamiento, Inventario, Producción, y Gestión de Proyectos y Servicios proporciona la funcionalidad básica para la agilidad en el negocio
- ♦ **Modular:** El fácil acceso desde dentro de la aplicación a los centenares de extensiones, localizaciones, y funcionalidad específica de las industrias permite la evolución permanente de la solución para ajustarse mejor a las necesidades, sin la complejidad de tener funcionalidades que no se utilizan
- ♦ **Actualizable:** Instalar con total confianza las nuevas funcionalidades publicadas, disponer de un sistema permanente actualizado y seguro, y mantener el control total de la solución es posible con la arquitectura modular única de Openbravo 3. Ésta, proporciona integridad tanto en los datos como en los procesos, en las actualizaciones y las extensiones (Openbravo, producto, 2011).

3.3.4.2. El ERP Openbravo POS.

Es una versión de Openbravo que incluye solamente el módulo de Gestión de Ventas, y que es mucho más sencillo de usar y de instalar. En la Figura 9 se muestra una de las pantallas principales de este software, y es lo que vería el cliente.

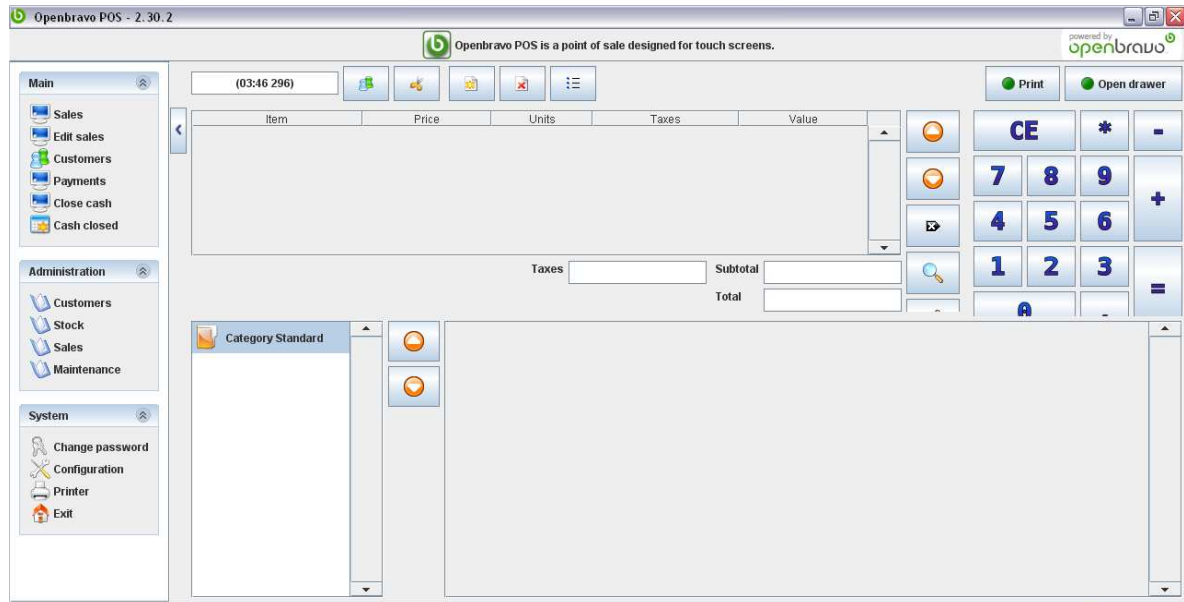


Figura 9. Una pantalla de Openbravo POS.

Fuente: Openbravo POS, 2011.

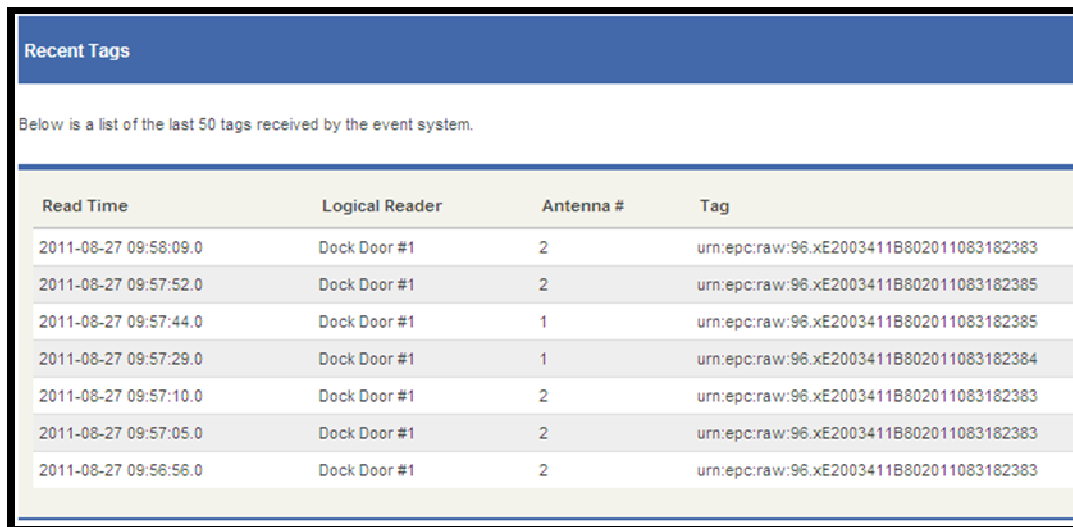
3.3.5. Corridas hechas en la capa de Hardware.

En esta sección se ejemplifica la generación de códigos de etiqueta y su correcta detección por el lector de RFID. Se usa una base de datos, pero todavía no hay ninguna relación con el tipo de negocio de que se trata.

Proceso.

- ◆ El middleware LogicAlloy genera unos códigos de etiqueta. Esta parte del proceso es el equivalente a imprimir las etiquetas.
- ◆ El lector de etiquetas o interrogador (RFID Symbol) se configura para LogicAlloy.
- ◆ Las etiquetas son detectadas por el middleware LogicAlloy.
- ◆ Se consulta la base de datos MySQL.
- ◆ Se comparan los valores de las etiquetas.

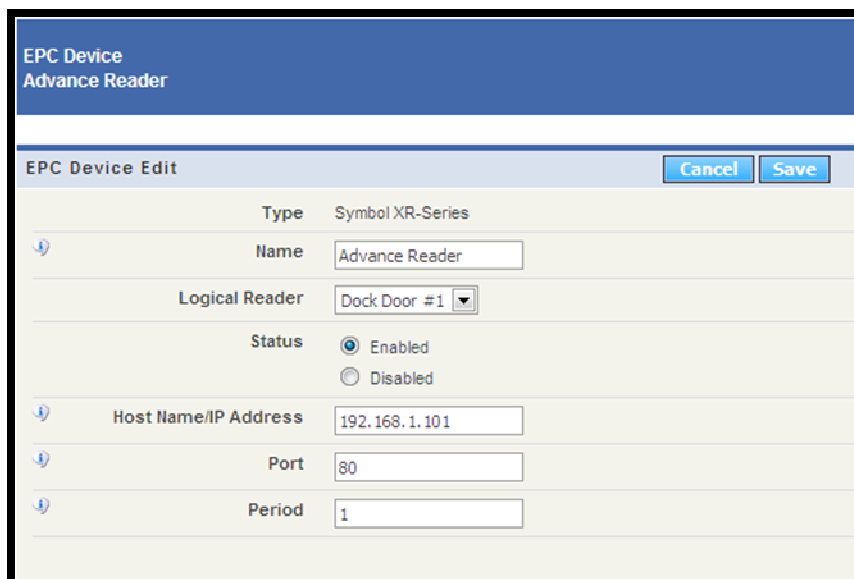
El software logicAlloy genera números de etiqueta con los que se puede trabajar, y se elimina la necesidad de tener una impresora de etiquetas para la simulación. Los números de etiqueta generados se muestran en la Figura 10.



Read Time	Logical Reader	Antenna #	Tag
2011-08-27 09:58:09.0	Dock Door #1	2	urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182383
2011-08-27 09:57:52.0	Dock Door #1	2	urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182385
2011-08-27 09:57:44.0	Dock Door #1	1	urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182385
2011-08-27 09:57:29.0	Dock Door #1	1	urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182384
2011-08-27 09:57:10.0	Dock Door #1	2	urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182383
2011-08-27 09:57:05.0	Dock Door #1	2	urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182383
2011-08-27 09:56:56.0	Dock Door #1	2	urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182383

Figura 10. Códigos de etiqueta generados por el servidor LogicAlloy.
Fuente: elaboración propia.

El lector, de la marca RFID Symbol, se configura para usar el software logicAlloy, esta configuración se muestra en la Figura 11.



EPC Device Advance Reader	
EPC Device Edit Cancel Save	
Type	Symbol XR-Series
Name	Advance Reader
Logical Reader	Dock Door #1
Status	☒ Enabled ☐ Disabled
Host Name/IP Address	192.168.1.101
Port	80
Period	1

Figura 11. Configuración del lector RFID Symbol en LogicAlloy.
Fuente: elaboración propia.

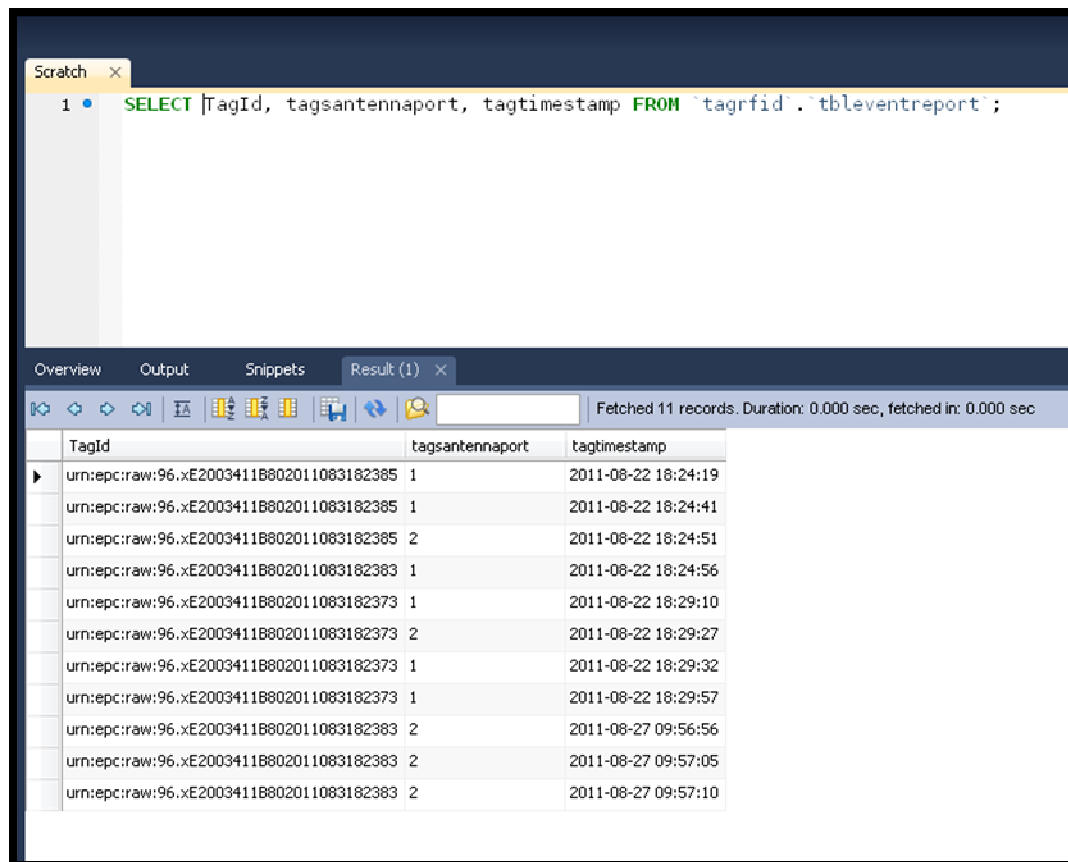
Se hicieron pasar los artículos etiquetados, con etiquetas reales, por el lector, y la Figura 12 muestra las etiquetas detectadas, incluyendo cuál de los dos lectores fue el hizo la lectura.

Recent Tags			
Below is a list of the last 50 tags received by the event system.			
Read Time	Logical Reader	Antenna #	Tag
2011-08-27 09:58:09.0	Dock Door #1	2	urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182383
2011-08-27 09:57:52.0	Dock Door #1	2	urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182385
2011-08-27 09:57:44.0	Dock Door #1	1	urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182385
2011-08-27 09:57:29.0	Dock Door #1	1	urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182384
2011-08-27 09:57:10.0	Dock Door #1	2	urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182383
2011-08-27 09:57:05.0	Dock Door #1	2	urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182383
2011-08-27 09:56:56.0	Dock Door #1	2	urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182383

Figura 12. Etiquetas detectadas en LogicAlloy.

Fuente: elaboración propia.

En el proceso, se va generando una base de datos, llamada de MySQL, en la Figura 13 se muestra una parte de esa base de datos.



The screenshot shows a MySQL Scratch window with a SQL query and its results. The query is: `SELECT TagId, tagsantennaport, tagtimestamp FROM `tagrfid`.`tbiventreport`;`. The results are displayed in a table with 11 records. The columns are TagId, tagsantennaport, and tagtimestamp. The TagId values are URN:epc:raw:96.xE2003411B802011083182385, URN:epc:raw:96.xE2003411B802011083182383, and URN:epc:raw:96.xE2003411B802011083182373. The tagsantennaport values are 1 and 2. The tagtimestamp values range from 2011-08-22 18:24:19 to 2011-08-27 09:57:10.

TagId	tagsantennaport	tagtimestamp
urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182385	1	2011-08-22 18:24:19
urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182385	1	2011-08-22 18:24:41
urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182385	2	2011-08-22 18:24:51
urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182383	1	2011-08-22 18:24:56
urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182373	1	2011-08-22 18:29:10
urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182373	2	2011-08-22 18:29:27
urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182373	1	2011-08-22 18:29:32
urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182373	1	2011-08-22 18:29:57
urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182383	2	2011-08-27 09:56:56
urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182383	2	2011-08-27 09:57:05
urn:epc:raw:96.xE2003411B802011083182383	2	2011-08-27 09:57:10

Figura 13. Consulta a la base de datos de MySQL en donde se observan registros informados con los códigos de etiquetas RFID.

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 14 se muestran las etiquetas detectadas por el lector.

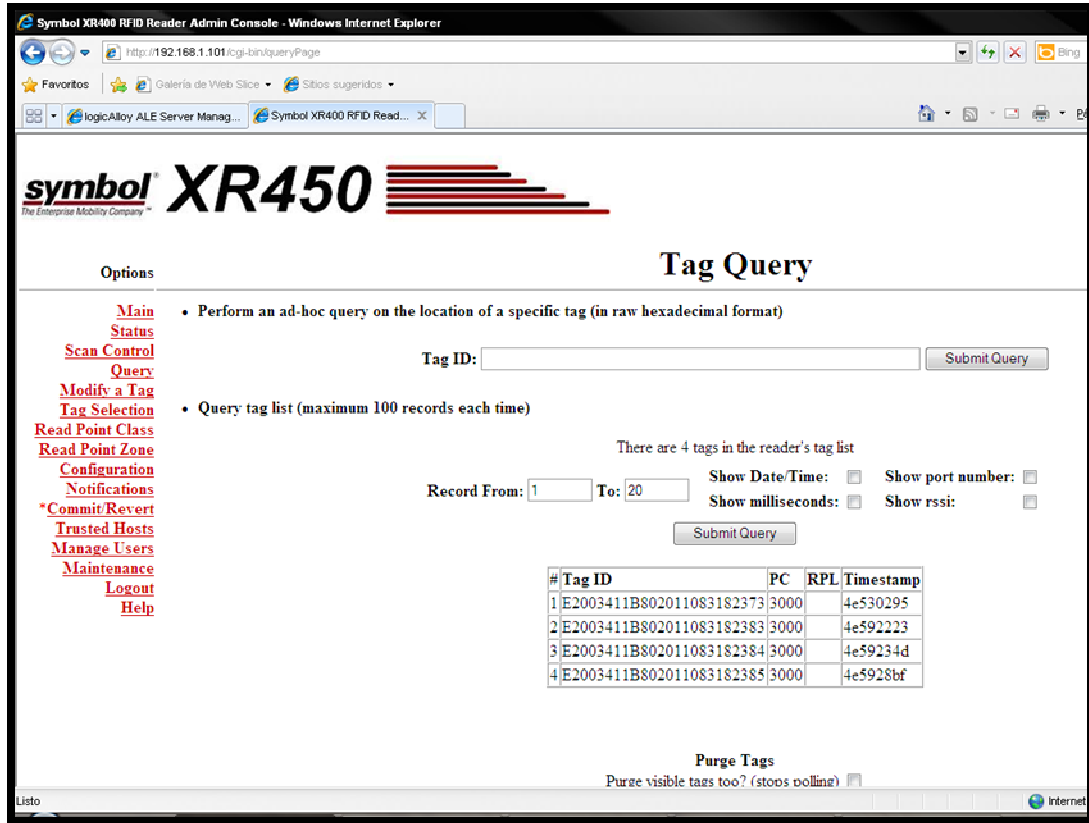


Figura 14. Consulta de etiquetas detectadas en la interfaz del lector RFID.

Fuente: elaboración propia.

3.3.6. Corridas hechas en la capa de ERP.

A continuación se ejemplifica el funcionamiento de la capa de presentación, usando Openbravo POS. Aquí los números de etiqueta ya no son visibles y solamente se maneja la información relacionada con el negocio.

- ♦ Se compraron dos artículos, es este caso, dos perros a \$11 cada uno.
- ♦ Se selecciona que el registro se hará en Stock.
- ♦ Se selecciona al cajero.
- ♦ Se emite el ticket.

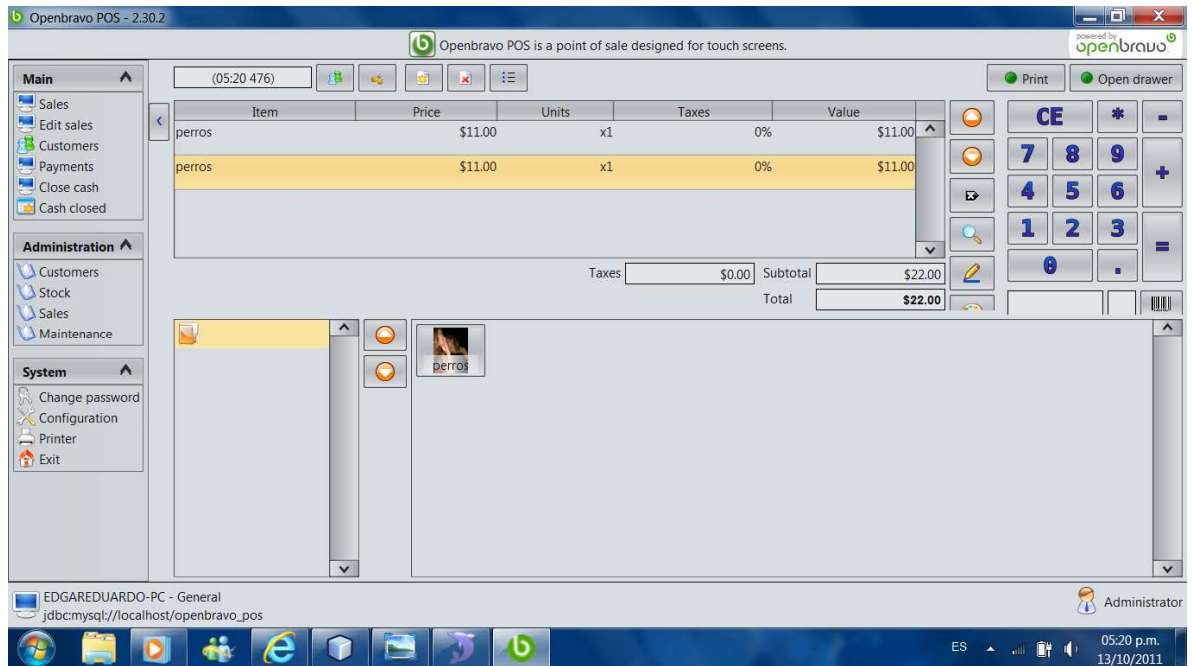


Figura 15. Compra de dos artículos.
Fuente: elaboración propia.

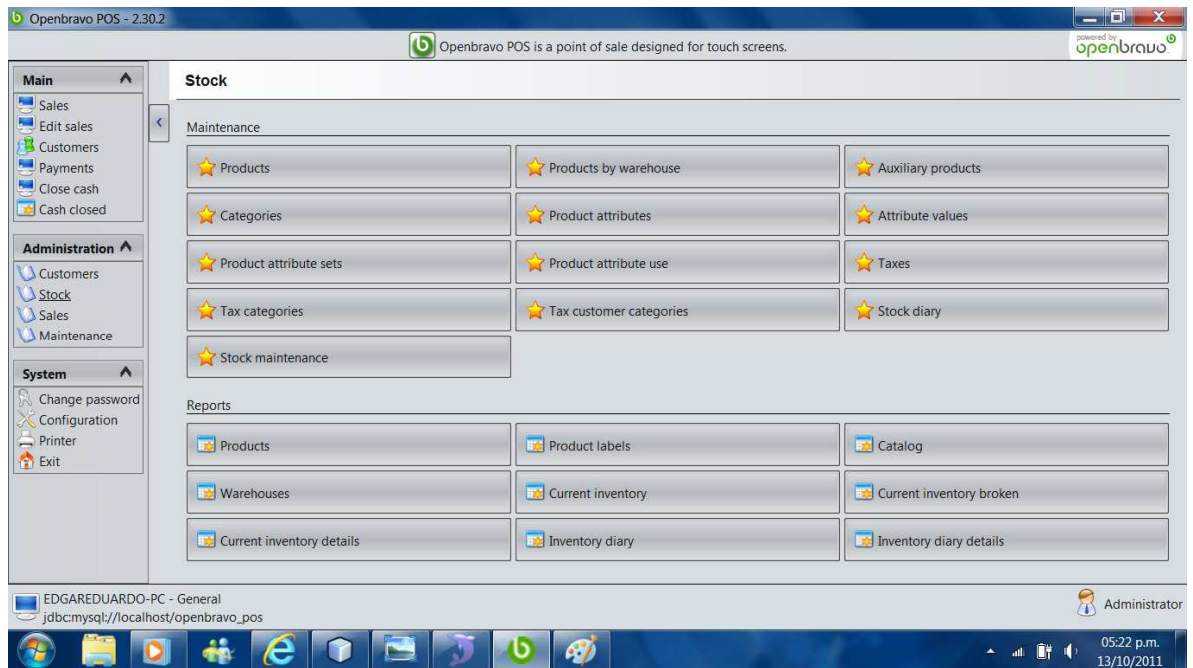


Figura 16. Seleccionar stock.
Fuente: elaboración propia.

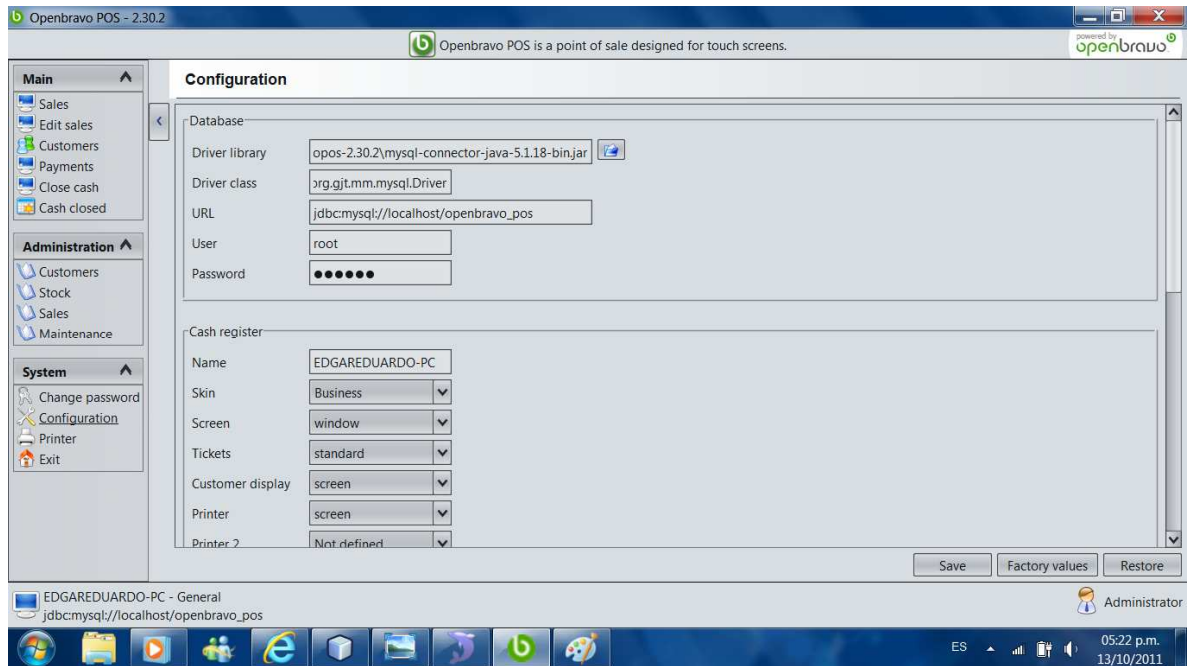


Figura 17. Seleccionar cajero.
Fuente: elaboración propia.

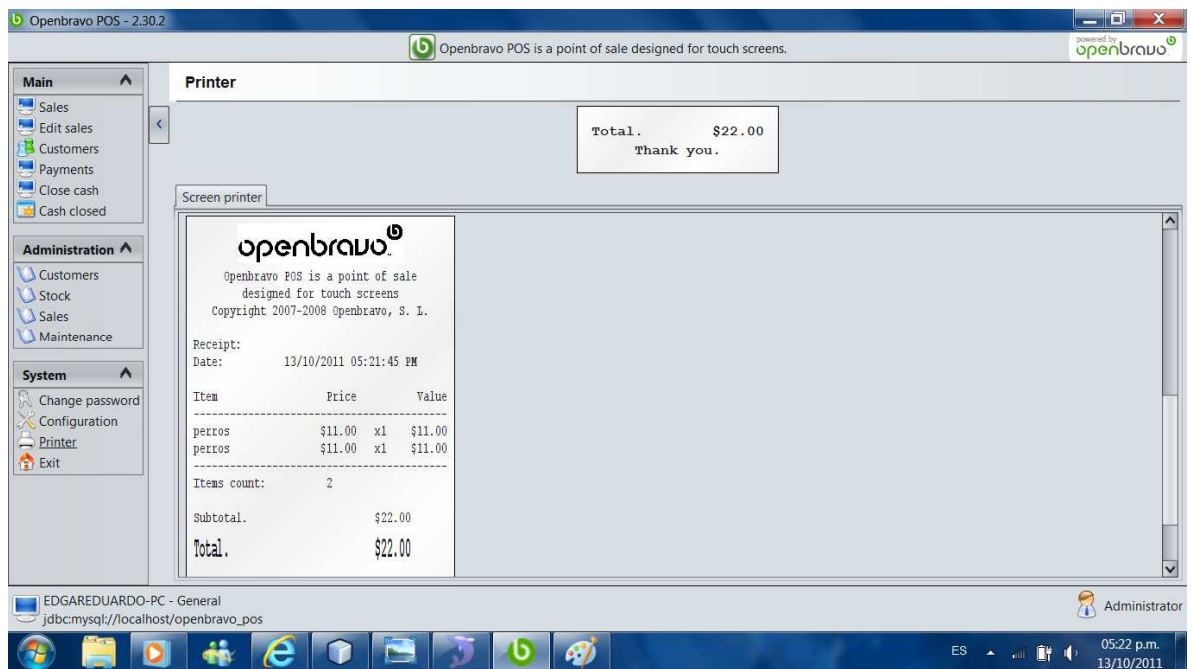


Figura 18. Impresión de ticket.
Fuente: elaboración propia.

3.4. Validación mediante corrida de laboratorio.

El sistema de RFID se fue desarrollando mediante pasos independientes: hacer pruebas con el lector de etiquetas, desarrollar un software para administrar los EPC y hacer la adaptación con el software libre, y finalmente se hizo una prueba con el sistema completo y los resultados fueron satisfactorios, el sistema funcionó sin ningún problema, y se hizo una filmación de la actividad.

Las Figuras de la 19 a la 22 muestran el hardware que se usó durante la demostración.



Figura 19. Un aspecto del hardware.

Fuente: elaboración propia.



Figura 20. El lector de etiquetas.
Fuente: elaboración propia.



Figura 21. Artículos etiquetados con RFID.
Fuente: elaboración propia.



Figura 22. Portal formado con las antenas.
Fuente: elaboración propia.

3.5. Cotización del sistema.

En la Figura 19 se muestra una cotización sobre los principales componentes del hardware de un sistema de RFID, los precios se pueden redondear a 40000 pesos.

www.deacsystems.com

CONTROL DE TEMPERATURA E ILUMINACIÓN

Col. Casa Blanca
Cd. Obregon, Son.
Tel/Fax: 644 418 95 12

N° Cotización: JUNIO/10 0007E Fecha: 08/JUNIO/10				ATENDIDO POR:	
Atencion: FRANCISCO ISLAS Empresa: DEPTO. ADQUISICIONES, INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA Direccion: 5 DE FEBRERO 818 SUR CP: 85000 Telefono: 410 90 00 EXT: 2044				Ing. Elisa Rodriguez erodriguez@deacsystems.com TEL: (644) 418 95 12 RADIO 62*211718*6	
CANT	DESCRIPCION	FABRICANTE	# PARTE	PRECIO UNITARIO	PRECIO FINAL
EQUIPO RFID					
1	Reader RFID XR450	MOTOROLA	SYM-RD11321611412145	19,849.05	19,849.05
1	Kit Power Supply KT-PWRXR-01	MOTOROLA	SYM-5014000159R	1,053.00	1,053.00
2	Antena: Outdoor, Right AR/XR400	MOTOROLA	SYM-ANT7172001	4,905.23	9,810.45
2	Cable para Antena RFID.	MOTOROLA	SYM-CBLRD-1B4002400R	745.00	1,490.00
IMPORTANTE * La cotizacion tiene una validez de 15 dias * Una vez ordenado el equipo no se aceptan cancelaciones * El tiempo de entrega, 6 SEMANAS * Los precios estan expresados en PESOS MEXICANOS * Los precios estan sujetos a cambio sin previo aviso. TIPO DE CAMBIO: \$ 13.50				SUB-TOTAL	32,202.50
				IVA (16%)	5,152.40
				TOTAL	37,354.89

Figura 23. Cotización del hardware para el sistema RFID.

Fuente: elaboración propia.

En cuanto al software, su costo se estimó como el 30% del costo del hardware, lo que da el precio total que se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Costo del sistema de RFID.

Fuente: elaboración propia.

Concepto.	Pesos.
Costo del hardware, redondeado.	40000
Costo del software, 30% del software.	12000
Costo total del sistema.	52000

El precio aproximado al que se ofrecerá el sistema de RFID es como la mitad del precio de un carro nuevo, de los modelos más económicos, por lo que es un precio competitivo para un pequeño empresario que quiera probar la identificación por radiofrecuencia. Como se ha explicado a lo largo de este trabajo, el sistema fue desarrollado mediante proyectos estudiantiles y por una dependencia que tiene como objetivo promover el uso de la alta tecnología por los gerentes de la región.

En la Figura 24 se resumen los resultados expuestos anteriormente.

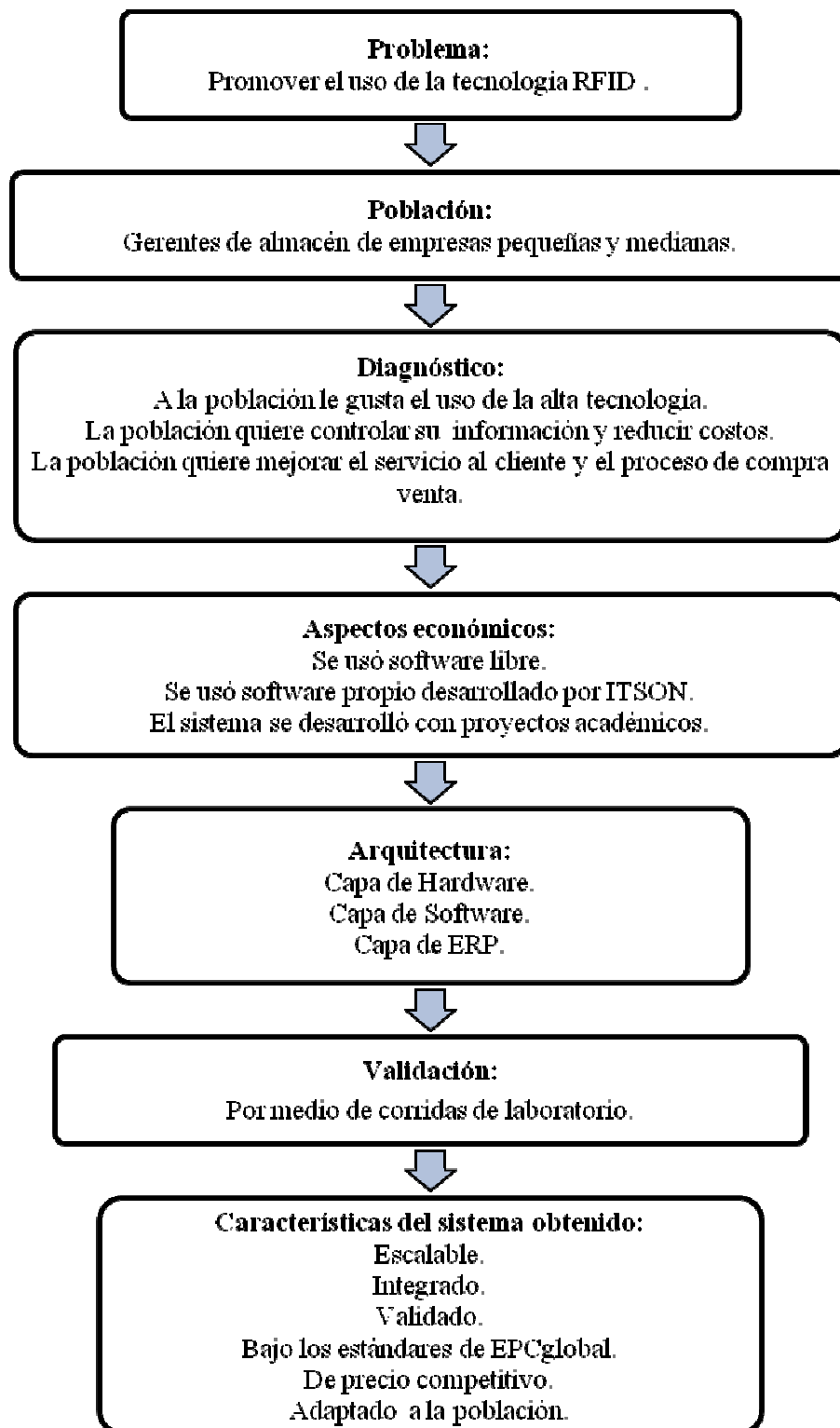


Figura 24. Resumen de los resultados.

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La identificación por radiofrecuencia es una tecnología que está llamada a ser casi tan ubicua como lo es hoy el código de barras. Tiene muchas ventajas para su aplicación en la logística y la cadena de suministro, sin embargo, también hay una serie de dificultades que limitan sus implantaciones. Aquí se han señalado a los autores Lee y Özer (2007), Katina y McCathie (2005) y Fish y Forrest (2008), pero hay muchos otros. Algunos de los factores que se citan como impedimentos para la generalización de la RFID son los altos costos, tanto de las etiquetas como de la implantación en sí, el desconocimiento de la tecnología, su complejidad técnica y su ROI bajo y hasta negativo.

Dadas estas condiciones, se desarrolló un sistema que busca promover el uso de la RFID mediante la superación de las desventajas que se presentan para su implantación.

La población considerada fueron los gerentes de almacén de la región sur de Sonora, y de esta población se usó una muestra de 18 gerentes, cantidad que se consideró suficiente porque cada uno de ellos representaba a una empresa distinta, de tamaño mediano o hasta chico.

A esta muestra, se le hizo una demostración de la tecnología RFID y se les aplicó un cuestionario que había sido desarrollado a partir de las observaciones que han hecho diversos autores sobre esta tecnología.

El cuestionario se evaluó mediante análisis de componentes principales y se obtuvieron altos coeficientes de correlación y también altos eigenvalores. La interpretación de los ítems agrupados bajo cada componente principal tiene su parte de subjetividad, pero se logró identificar tres componentes bastante razonables, que fueron usados como diagnóstico para desarrollar el sistema.

La población tiene disposición para el uso de la alta tecnología y la necesidad de reducir pérdidas; desea la optimización de la información para que sea suficiente, actualizada y útil, y quiere atender bien al cliente y mejorar el proceso de compra-venta. Estos resultados fueron presentados en la 15th Annual Conference on Industrial Engineering, la ponencia se incluye en el Anexo 3.

Puesto que se deseaba un producto económico, se prefirió el uso de software libre, software propio desarrollado por estudiantes y todo el sistema se desarrolló por medio de proyectos académicos y bajo el patrocinio de una dependencia que tiene como misión que las empresas de la región usen alta tecnología.

El tipo de arquitectura más común para los proyectos de informática es el de capas, que también es el que se prefiere para los sistemas de RFID. Bose y Man (2008) proponen una arquitectura de cinco capas, pero la arquitectura depende del proyecto y del cliente. En este proyecto se usaron solamente tres capas llamadas de Hardware, de Middleware y de ERP, pues los nombres describen la función que realizan.

Una parte fundamental de una arquitectura de RFID es el llamado middleware, que tiene la función de procesar y filtrar los datos generados por las etiquetas para que sean legibles por las otras dos capas y que resulten prácticos para la capa de presentación.

Se trabajó con dos programas que ambos se podrían llamar middleware, uno de ellos en el lector de etiquetas de la capa de datos (logicAlloy) y otra en la capa de información del negocio (desarrollado por ITSON).

En relación a la validación se realizaron corridas de laboratorio. El ITSON cuenta con el hardware necesario para hacer pruebas de RFID, tales como etiquetas, lectores, antenas, computadoras, etc., también se cuenta con un programa que genera números de etiqueta, una simulación de la función de la impresora.

Se encontró que los resultados fueron satisfactorios. La información fluía correctamente desde la capa de datos hasta la de presentación. Solamente se tuvieron dos pequeñas dificultades, en la capa de datos se probaron dos tipos de software (Rifidi y logicAlloy), y solamente el segundo de ellos fue compatible con el hardware usado. La otra dificultad, fue que en algunos momentos de las pruebas de laboratorio, los datos se movían a poca velocidad, fueron unos pocos segundos para circular entre capas, pero se consideró que al manejar mucha información esta limitación podría ser fuerte, y por ello se trabajó en ella y se eliminó.

El resultado final está acorde con las recomendaciones de Hostalot (2005) quien pide que un proyecto de RFID sea integrado, escalable y validable. Este proyecto tiene además un precio competitivo, se desarrolló considerando los estándares de compatibilidad internacionales de EPC global y está adaptado a su población objetivo.

Los empresarios que deseen implantar este sistema, deberán invertir principalmente en el hardware necesario, esto es, las etiquetas, impresoras, antenas, lectores, computadora o computadoras, host, los portales, etc. Otra parte de su costo será el de la asesoría y mano de obra necesaria. El pago de licencias o de software propietario será mínimo.

Se hicieron aportaciones al conocimiento en el sentido de que un equipo multidisciplinario, correctamente gestionado investigó las variables de éxito importantes para la adopción de RFID en la región, y al hardware de RFID se le diseñó software propietario y se le adaptó software libre para completar un sistema funcional, integrado, de bajo costo y adaptado a las condiciones del sur de Sonora.

Por otra parte, el proyecto también tiene un impacto económico porque es un paquete que está listo para ser difundido y comercializado a un bajo costo, aproximadamente 52 mil pesos, con lo que se eficientará en gran parte la cadena de suministro de los empresarios que lo adopten.

Se recomienda continuar la investigación haciendo implantaciones piloto y calculando el retorno sobre la inversión, que de resultar positivo, podría alentar a los gerentes a implantar la RFID.

BIBLIOGRAFÍA.

- Abarca A, Antonio. (2006). Sistema Multiagente para Control de Stock Basado en RFID. *X Congreso de Ingeniería de Organización*, Valencia, 7 y 8 de Septiembre de 2006.
- Angeles, R. (2005). RFID Technologies: supply chain applications and implementation issues. *Information Systems Management*.
- Banks J. y Trigos F. (2011). ROI for RFID: Evaluating Investment Projects. *ITESM*.
- Bhatt H. y Glover B. (2006). *RFID essentials*. Editorial O'Reilly.
- Bose I. y Man A. Ch. (2008). Radio Frequency Identification for Customer Relationship Management, en Blecker T. and Huang G. Q. (Eds.), *RFID in Operations and Supply Chain Management Research and Applications*, (pp. 273-287). Ed. Erich Smith Verlag.
- Cannon A. R., Reyes P. M., Frazier G. V. y Prater E. L. (2008). RFID in the contemporary supply chain: multiple perspectives on its benefits and risks. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 8, No. 5.
- Castaños E. E., Ramírez C. A. y Sánchez J. J. (2011). Paquete de Middleware para un Sistema de RFID. *Tesis no publicada de Ingeniería en Software, Instituto Tecnológico de Sonora*.
- Córdova J. C., y Velástegui K. V. (2008). Diseño e implementación de un prototipo para la identificación de productos en un supermercado con tecnología RFID (identificación por radiofrecuencia). *Proyecto previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones*. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Perú
- Chuang M. L. y Wade S. (2008). An empirical study of enterprise resource management systems implementation, From ERP to RFID. *Business Process Management Journal*. Vol. 14, No. 5.
- Dayu Y. y Zou P. (2005). Event Driven for RFID Reader for Warehouse Management. *Proceedings of the Sixth International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies*. IEEE.
- De la Fuente, R., Abarca, A., García, A. y Abril, J. (2005). Sistema de Identificación Automática mediante tecnología RFID en el proceso de elaboración de jamones. *IX Congreso de Ingeniería de Organización*. Gijón, 8 y 9 de Septiembre.

- Derakhshan R., Orlowska M. E. y Li X. (2007). RFID Data Management: Challenges and Opportunities. *2007 IEEE International Conference on RFID*. Gaylord Texan Resort, Grapevian, TX, USA, pp. 175-182.
- EPCglobal. (2011).
Extraído de: <http://www.gs1.org/gsm/kc/epcglobal>
- EPCglobal, español. (2011).
Extraído de: http://www.epcglobalsp.org/epc/epcglobalnetwork/es/document_view
- Fish A., y Forrest W. C. (2008). Best Practices in RFID Implementation, en Blecker T. and Huang G. Q. (Eds.) *RFID in Operations and Supply Chain Management Research and Applications*, (pp. 13-33). Ed. Erich Smith Verlag.
- Folinas, D.y Patrikios N. (2008). RFID Implementation Framework in Supply Chain, en Blecker T. and Huang G. Q. (Eds.). *RFID in Operations and Supply Chain Management Research and Applications* ,(pp. 3-11). Ed. Erich Smith Verlag.
- Heese H. S. (2007). Inventory Record Inaccuracy, Double Marginalization and RFID Adoption. *Production and Operations Management*. Vol. 16, No. 5, 542-553.
- Hostalot R. (2005). El middleware, *RFID Magazine*. Año 01, Revista 04.
- Hurjui C., Turcu C. E. y Graur A. (2007). A system of monitoring the product from a refrigerating warehouse using RFID technologies. *6th. International Conference on Electromechanical and Power Systems*. Rep. Moldova, pp. 237-240.
- Jiménez E., Reyes L. y Galindo F. (2008). Experiencias de las relaciones industria-universidad en la región sur de Sonora, México: el caso de la red Alfa. *Memorias del 14 Congreso Internacional Anual de la SOMIM*. Puebla, México.
- Jiménez A. R., Seco F., Prieto C. y Rosa J. (2005). Tecnologías sensoriales de localización para entornos inteligentes. *I Congreso Español de Informática*. Granada, 14-16 de Septiembre de 2005.
- Johansson B. y Sudzina F. (2008). ERP systems and open source: an initial review and some implications for SMEs. *Journal of Enterprise Information Management*. Vol. 21, No. 6, pp. 649-658.
- Katina M. y McCathie L. (2005). The Pros and Cons of RFID in Supply Chain Management. *Proceedings of the International Conference on Mobile Business (ICMB'05)*. IEEE.
- Landt J. (2005). The history of RFID. *IEEE Potentials*, pp. 8-11.
- Lee H. y Özer Ö. (2007). Unlocking the Value of RFID. *Production and Operations Management*. Vol. 16, No. 1, January- February, 2007, pp. 40-64.

- Lefevre L., Lefevre E., Bendavid Y., Fosso S. y Boecj H. (2006). RFID as an enabler of B-to-B e-Commerce and its Impact on Business Process: A Pilot Study of a Supply Chain in the Retail Industry. *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on System Sciencies*. IEEE.
- Libera. (2010). RFID: Tecnología, Aplicaciones y Perspectivas. *Whitepaper series*. España.
- Libera. (2011).
Descargado de: <http://www.libera.net/articulo/rfi-d/45>
- Liu, G., Weseheng, Y. y Yu, L. (2005). Resource Management with RFID Technology in Automatic Warehouse System. *Paper Collection of 3rd. RFID Academic Convocation*.
- Loebbecke C. (2006). RFID's Potential in the Fashion Industry: A Case Analysis. *19th Bled eConference*. Bled, Slovenia, June 5-7.
- logicAlloy. (2011).
Descargado de: <http://www.logicalloy.com/>
- Maldonado D.(2011).
Descargado de :<http://www.elcodigok.com.ar/2007/09/arquitectura-de-programacion-en-3-capas/>
- Matta V. y Moberg C. (2006). The development of a research agenda for RFID adoption and effectiveness in supply chains. *Issues in Information Systems*. Volume VII, No. 2, 2006, pp. 246.
- Openbravo. (2011).
Descargado de: <http://www.openbravo.com/es/>
- Openbravo, funcionalidades. (2011).
Descargado de: <http://www.openbravo.com/es/product/erp/functionality/>
- Openbravo, producto. (2011).
Descargado de: <http://www.openbravo.com/es/product/erp/functionality/>
- Ortega R. E. (2011). Desarrollo del Software para un Sistema de Gestión de Inventarios Automatizado Basado en Tecnología de Identificación por Radiofrecuencia RFID. *Tesis de Ingeniero en Electrónica no publicada*. Instituto Tecnológico de Sonora.
- Pisello T. (2006). Shrinking the Supply Chain Expands the Return: The ROI of RFID in the Supply Chain. *An Alinean White Paper*.

- Portillo J. I., Bermejo A. B. y Bernardos A. M. (2008). Tecnología de Identificación por Radiofrecuencia (RFID): Aplicaciones en el Ámbito de la Salud. *Informe de Vigilancia Tecnológica, Madrid*. Edita la Fundación Madrid para el Conocimiento.
- Sánchez J. E. y Murrieta J. C. (2010). Adoption of RFID for Logistics at Sonora, Mexico. *Proceedings of the 15th Annual International Conference on Industrial Engineering, Theory, Applications and Practice*. México.
- Sandner U., Leimeister J. M., Kern E. M. y Kremar H. (2008). A Framework for Conceptual Studies for RFID-based B2C-Solutions, en Blecker T. and Huang Q. H. (Eds.). *RFID in Operations and Supply Chain Management Research and Applications*_(pp. 69-90). Ed. Erich Smith Verlag.
- Tapia D., Cueli J. R., García O., Corchado J. M., Bajo J. y Saavedra A. (2007). Identificación por Radiofrecuencia: Fundamentos y Aplicaciones. *Las Jornadas Científicas sobre RFID*. Ciudad Real, España.
- Reyes, P. y Jaska, P. (2007). Is RFID right for your organization or application? *Management Research News*. Vol. 30, No. 8, 570-580.
- Riedel J., Pawar K. S., Torroni S. y Ferrari E. (2008). A survey of RFID Awareness and Use in the UK Logistics Industry, en Blecker T. y Huang G. Q. (Eds.), *RFID in Operations and Supply Chain Management Research and Operations*, (pp. 406). Edit. Erich Smith Verlag.
- Ritcher C. (1999). An Educational Primer, Intermec Technologies Corporation. *RFID Educational White Paper*.
- Rundh B.(2007). Radiofrequency Identification (RFID) Invaluable technology or a new obstacle in the marketing process. *Marketing, Intelligence & Planning*. Vol. 6, No. 1, 97-114.
- Terra. (2011).
Descargado de: <http://www.terra.es/personal/lermon/cat/articles/evin0034.htm>
[14/10/2011](#)
- Universidad de Michoacán. (2011).
Descargado de: <http://lc.fie.umich.mx/~calderon/estadistica/PCA.htm>
- Veeramani R. (2005). Where to Achieve ROI from RFID?. *RFID ROI Challenges & Paybacks/Asia Business Forum*.
- Vijayaraman, B. y Osik, B. (2006). An empirical study of the RFID implementation in the warehousing industry. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 17, No. 1.
- Wolf, J. A.(2010). RFID tags-an intelligent bar code replacement, [IBM Global Services](#).

- Zuckweiler K. M., y Konency R. (2008). RFID Implementation Challenges for Small-and-Medium-Sized Enterprises, en Blecker T. and Huang G. Q. (Eds.). *RFID in Operations and Supply Chain Management Research and Applications* ,(pp. 35-48), Ed. Erich Smith Verlag.
- Zuravlyov V. y Latisheva E. (2008). Various Aspects of RFID Technology and their Use in Monitoring and Management of Traffic. *Computer Science*. pp. 238-246.

ANEXO 1.
El cuestionario utilizado.

Tabla A1.1. El cuestionario aplicado en la investigación.

Fuente: elaboración propia.

1 2 3 4 5 6

APLICACIONES AL CONTROL DE INVENTARIOS.

Me interesa contar con una estructura de administración de la información.						
Sería útil tener más información de mis artículos de la que da el código de barras.						
Es muy importante saber dónde está mi mercancía en todo momento.						
Me es importante procesar instantáneamente la información de mis inventarios.						
Me convendría disponer de mayor información de la que da el código de barras.						

COSTOS POR PÉRDIDAS DE ARTÍCULOS.

Los artículos que necesito controlar son costosos.						
Sufro pérdidas importantes debido al extravío de artículos.						
Tengo pérdidas significativas por errores de conteo humanos.						
Los artículos que necesito controlar son fáciles de robar.						
Me resulta importante reducir el inventario perdido en almacén.						

MEJORAR EL SERVICIO AL CLIENTE.

He perdido pedidos importantes por no tener localizada la mercancía a tiempo.						
Quiero saber si mi cliente recibió su mercancía en buen estado y a tiempo.						
Me interesa tener bien controlado el proceso de devoluciones.						
Me interesa reducir la diferencia entre lo que pagó el cliente y lo que realmente recibió.						
Me es muy importante mejorar mi capacidad de respuesta para con el consumidor.						

APLICACIONES AL TRANSPORTE.

Administro una flotilla de vehículos.						
Me resulta importante saber dónde está cada vehículo en cada momento.						
Es importante saber si a los vehículos se les da el trato correcto.						
He sufrido pérdidas en mis vehículos.						
Me es muy importante tener mayor control sobre mi flotilla.						

EFICIENCIA LOGÍSTICA.

Me convendría reducir el tiempo entre vender y recibir mi pago.						
Me es importante mejorar mi eficiencia logística.						
Debo reducir mi nivel de inventarios.						
Es necesario que tenga la información de mis artículos en tiempo real.						
Mis costos de acarreo, manejo y distribución son significativos.						

USO DE TECNOLOGÍA AVANZADA.

Quiero estar a la vanguardia en la tecnología de control de inventarios y/o flotillas.						
Tengo instalado un sistema ERP en mi empresa.						
Si no tengo un ERP o equivalente, tengo interés en implantarlo.						
Me puedo permitir manejar una cantidad grande de información sobre mis artículos.						
Me gusta usar la tecnología más avanzada.						
Puedo disponer de asesoría confiable para manejar tecnología avanzada.						
Me interesa automatizar el control de inventarios y/o flotillas en mi empresa.						

ANEXO 2.
Los resultados del análisis en SPSS.

Total Variance Explained						
Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	8.560	37.216	37.216	8.560	37.216	37.216
2	6.952	30.224	67.440	6.952	30.224	67.440
3	4.943	21.493	88.933	4.943	21.493	88.933
4	1.902	8.269	97.202	1.902	8.269	97.202
5	.644	2.798	100.000			
6	1.194E-15	5.193E-15	100.000			
7	7.739E-16	3.365E-15	100.000			
8	5.942E-16	2.583E-15	100.000			
9	3.736E-16	1.624E-15	100.000			
10	1.959E-16	8.516E-16	100.000			
11	1.650E-16	7.174E-16	100.000			
12	1.304E-16	5.671E-16	100.000			
13	1.119E-16	4.864E-16	100.000			
14	1.110E-16	4.827E-16	100.000			
15	9.460E-17	4.113E-16	100.000			

Figura A2.1. Los eigenvalores obtenidos, el porcentaje de la varianza explicada y el porcentaje de la varianza acumulada.

Fuente: elaboración propia.

Component Matrix ^a				
	Component			
	1	2	3	4
Me interesa contar con una estructura de administración de la información.	-.358	.381	-.689	-1.811E-02
Sería útil tener más información de mis artículos que la que da el código de barras.	-.192	.876	-.435	-2.777E-02
Es muy importante saber dónde está mi mercancía en todo momento.	.361	.368	.442	-.734
Me es importante procesar instantáneamente la información de mis inventarios.	-.762	.570	.139	.269
Me convendría disponer de mayor información de la que da el código de barras.	-.762	.570	.139	.269

Figura A2.2a. Las preguntas que quedan en cada uno de los primeros cuatro componentes.

Fuente: elaboración propia.

Los artículos que necesito controlar son costosos.	.519	.473	-.647	-.295
Sufro pérdidas importantes debido al extravío de artículos.	.695	.392	-.450	-.335
Tengo pérdidas significativas por errores de conteo humanos.	.672	6.777E-02	.645	.352
Los artículos que necesito controlar son fáciles de robar.	-.527	.763	.311	1.234E-02
Me resulta importante reducir el inventario perdido en el almacén.	-.295	.908	-.281	-4.607E-02
He perdido pedidos importantes por no tener localizada la mercancía a tiempo.	-.193	.749	.605	-.185
Quiero saber si mi cliente recibió su mercancía en buen estado y a tiempo.	.687	.200	.697	-4.772E-03
Me interesa tener bien controlado el proceso de devoluciones.	-.575	.667	.379	.282

Figura A2.2b. Las preguntas que quedan en cada uno de los primeros cuatro componentes, continuación.

Fuente: elaboración propia.

Me interesa reducir la diferencia entre lo que pagó el cliente y lo que realmente recibió.	-.301	.943	2.983E-02	.125
Me es muy importante mejorar mi capacidad de respuesta para con el consumidor.	.687	.200	.697	-4.772E-03
Me convendría reducir el tiempo entre vender y recibir mi pago.	.687	.200	.697	-4.772E-03
Debo reducir mi nivel de inventarios.	.643	.495	-.530	.246
Es necesario que tenga información de mis artículos en tiempo real.	.740	.373	-.527	.188
Mis costos de acarreo, manejo y distribución son significativos.	.786	.427	-.443	6.194E-02

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Figura A2.2c. Las preguntas que quedan en cada uno de los primeros cuatro componentes, continuación.

Fuente: elaboración propia.

ANEXO 3.
Artículo presentado en IJIE 2010.

Proceedings of the 15th Annual
International Conference on Industrial Engineering
Theory, Applications and Practice
Mexico City, Mexico
October 17-20, 2010

ADOPTION OF RFID FOR LOGISTICS AT SONORA, MEXICO

J. E. Sanchez¹, J. C. Murrieta²

¹Department of Industrial Engineering
Technological Institute of Sonora
Navojoa, Son. Mexico
Corresponding author's email: esanchez@itson.mx

²Department of Electric Engineering
Technological Institute of Sonora
Cd. Obregon, Son., Mexico

Abstract: Southern Sonora is a region where RFID application is virtually nonexistent, despite of its good level of progress. For this reason, the Technological Institute of Sonora has a project to know if in this region, the success factors for implantation of RFID agree with those reported for researchers of this issue. A sample of storehouse managers were selected, given a practical demonstration of RFID and asked about their agreement with the success factors of authors. The questionnaire was analyzed by identification of components, and there were obtained three components: willingness for the use of advanced technology and the necessity of cut losses (37.216% of the total variance); the optimization of information: sufficient, updated and useful (30.224% of the total variance); and the client and the buying and selling process (21.493% of the total variance). The main interest of storehouse managers appears to be the efficient management of information.

1. INTRODUCTION

The Radio Frequency Systems, RFID, had been designed for industrial environments, acting as portable data bases, allowing access to information and the possibility of its amendment at any point. The technology provides a robust, non-contact, no direct line of sight and the ability to collect, analyze and distribute information in a comprehensive way, it gives many applications and significant advantages over the current barcode.

Potential applications are vast, among them is allowing the monitoring of goods from producer to consumer, eliminating the possibility of identity fraud, secure access to buildings, computer access, storage of medical records, initiatives against kidnapping, tracking of theft articles, logistic processes, among others.

1.1 The Sonora State

The Mexican state of Sonora is identified as a region traditionally agricultural, of livestock and on a smaller scale of fisheries, but their economic activities are much broader, is this the automotive industry, and to the south are assembled electronics companies, recycling paper, brewery industry, biscuit and extraction of vegetal oil, is also mining extraction of copper, graphite and plaster.

The Technological Institute of Sonora is immersed in this business environment and has ensured that its outreach activities and research are directly related to the use of best technologies by companies in its area of influence.

Through contact with employers, has found that there are problems of losses to manage fleets of trucks and that inventory control is carried out almost exclusively with the barcode. These two situations can be significantly improved with RFID, but this advanced technology creates demands for proper implementation of this project where it originates to analyze the feasibility of the adoption of RFID to improve logistics in southern Sonora

1.2 The Implantation of RFID Success Factors

Several authors have addressed the features of this innovative technology, its benefits and limitations, as well as what it takes to implement it. For Rund (2007) gives better benefits in managing the supply chain that the bar code, will help reduce theft and counterfeiting and marketing plan, but has high costs of establishment and implementation, can be

© International Journal of Industrial Engineering
ISBN # 97809652558-6-8

Figura A3.1. Página 562.

Proceedings of the 15th Annual
International Conference on Industrial Engineering
Theory, Applications and Practice
Mexico City, Mexico
October 17-20, 2010

unreliable because of interference electronics and lacks international standards, to Angeles (2005) the important thing is that it provides real time visibility and to Reyes and Jaska (2007) the needs of the organization, its staff and clients must be at the forefront of a process of implementation.

For some large organizations the implementation of RFID has become a requirement, but there are still doubts as to produce a positive return on investment. Companies must improve ROI by reducing costs or improving the business process (Vijayaraman and Osik, 2006).

Cannon et al. (2008) provide guidance on the risks associated with the adoption of RFID and that generally are not considered, Lefevre et al. (2006) say that it is a disruptive technology, whether that means profound changes, their implementation is a new business model and requires greater electronic integration between members of the supply chain.

De la Fuente (2005) found that RFID ensures identification of each unit as well as product traceability, reduced costs offered is significant to identify each unit without physical contact with her and streamlines the process because it allows automation. Liu (2005) highlights the access to information in real time and Heese [10] eliminates the inaccurate registration process inventory and found that a decentralized company benefits more with RFID adoption than a centralized one.

2. OBJECTIVE

To determine the variables that may be more important for successful implantation of RFID technology in enterprises of southern Sonora through desk research and field work with potential customers in this application. Using the component analysis procedure to identify the most significant variables.

3. METHODOLOGY

A study was conducted to gather information related to the success factors that can have RFID technology implementation in the southern region of Sonora.

Initially, it was reviewed the literature to identify the advantages and disadvantages that different authors will find the use of this technology, and from this review a questionnaire was developed.

Because they are promoting RFID, we maintained contact with store managers and fleet, to which were given a presentation on the potential it could have on their business.

Upon their history, were administered the questionnaire, which was analyzed using the methodology for analyzing the components with the SPSS statistical package. When asked to pack only used the eigenvalues greater than unity, and only took to the questions with the highest correlation coefficients.

4. RESULTS

In applying the method of identifying components with the SPSS package they were identified three variables, the first of which is shown in Table 1, in which one can see that the correlation coefficients are high enough. Regarding the questions you can see that the word technology appears three times and that there are three questions related to costs.

Table 2 shows the results of the second component, the correlation coefficients are also high, and the interpretation is that the word information appears three times and that questions talk about information and to take control.

The third component is reported en Table 3, the three correlation coefficients agree on a single number, which is low compared with that of the previous two components. The interpretation can be found with the words clients, consumer and sales.

Table 1. The first component.

563

Figura A3.2. Página 563.

Proceedings of the 15th Annual
International Conference on Industrial Engineering
Theory, Applications and Practice
Mexico City, Mexico
October 17-20, 2010

Correlation	Question
0.835	I like to use the latest technology
0.835	I own reliable advice to use the latest technology
0.812	I want to be at the forefront of technology inventory control and/or fleets
0.786	My cartage and distribution cost are significant
0.740	I need information for my articles at real time
0.643	I should to reduce my inventory
0.695	I suffer significant losses for lost articles

Table 2. The second component.

Correlation	Question
0.943	I want to reduce the difference between what my client paid and receive
0.908	It is important to reduce lost inventory in the warehouse
0.876	It would be useful to have more information that gives the barcode
0.751	I can handle a large amount of information on my items
0.749	I have lost important orders because I had not located the goods on time
0.763	Items I need to control are easy to steal
0.667	I'm interested in well-controlled process returns
0.570	It is important to process information instantly from my inventory

Table 3. The third component.

Correlation	Question
0.697	I want to know if my client received their merchandise in good condition and on time
0.697	It is very important to improve my ability to respond to the consumer
0.697	I should reduce my time between sale and the receipt of my payment

Table 4 summarizes the three components, the SPSS package calls for a minimum eigenvalue of 1 and those obtained are all greater than 4, on the other hand, the cumulative explained variance reached 88. 933%. The last column offers an interpretation of the variables from the questions in each.

Table 4. Interpretation of the components

Component	Eigenvalue	Percent of variance	Interpretation
1	8.560	37.216%	Willingness for the use of advanced technology and the necessity of cut losses
2	6.592	30.224%	The optimization of information: sufficient, updated and useful
3	4.943	21.493%	The client and the buying and selling process

5. CONCLUSIONS

The analysis results were good, with high correlation coefficients and also with high eigenvalues. The questions grouped in each variable had a good level of agreement. This may be explained because the survey was applied to a small group of people whose job is to manage stores and are well aware of the problems that exist in their activity, and besides the survey was applied after a demonstration of how radiofrequency identification works and its possibilities.

Proceedings of the 15th Annual
International Conference on Industrial Engineering
Theory, Applications and Practice
Mexico City, Mexico
October 17-20, 2010

It also may have influenced the image of the Technological and the fact they were people with whom we have been working. In any case, it is certain that RFID is a technology with good for great success good in the region.

6. REFERENCES

- Angeles, R. (2005). RFID Technologies: supply chain applications and implementation issues, *Information Systems Management*.
- Cannon, A. R., Reyes, P. M. Frazier, G. V. and Prater, E. L. (2008). RFID in the contemporary supply chain: multiple perspectives on its benefits and risks. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 8, No. 5.
- De la Fuente, R., Abarca, A., García, A. and Abril, J. (2005). Sistema de Identificación Automática mediante tecnología RFID en el proceso de elaboración de jamones, *IX Congreso de Ingeniería de Organización*, Gijón, 8 y 9 de Septiembre de 2005.
- Flores, R. 2006. Sonora: sistema regional de innovación y las capacidades tecnológicas y productivas locales, *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, México.
- Heese, H. S. (2007). Inventory Record Inaccuracy, Double Marginalization and RFID Adoption. *Production and Operations Management*, Vol. 16, No. 5, 542-553.
- Lefevre, L., Lefevre, E., Bendavid, Y., Fosso, S. and Boecj, H. (2006). RFID as an enabler of B-to-B e-Commerce and its Impact on Business Process: A Pilot Study of a Supply Chain in the Retail Industry. *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE*.
- Liu, G., Weseheng, Y. and Yu, L. (2005). Resource Management with RFID Technology in Automatic Warehouse System, *Paper Collection of 3rd. RFID Academic Convocation*.
- Reyes, P. and Jaska, P. (2007). Is RFID right for your organization or application? *Management Research News*, Vol. 30, No. 8, 570-580.
- Rund, B. (2007). Radiofrequency Identification (RFID) Invaluable technology or a new obstacle in the marketing process. *Marketing, Intelligence & Planning*, Vol. 6, No. 1, 97-114.
- Vijararaman, B. and Osik, B. (2006). An empirical study of the RFID implementation in the warehousing industry. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 17, No. 1.