



**DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA UN SISTEMA DE
CONTROL DE INVENTARIO Y GENERACIÓN DE
PRONÓSTICOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA RFID**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN
SISTEMAS INTELIGENTES MULTIMEDIA**

PRESENTA

**ING. VERÓNICA REYES DE LOZA
ASESOR: MTRA. ANA MARÍA PESCADOR OÑATE**

GUADALAJARA, JALISCO, JUNIO 2020.

CARTA DE LIBERACIÓN DEL ASESOR



**GOBIERNO DE
MÉXICO**



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



Querétaro, Querétaro, 15 de abril del 2020.

Dra. María Guadalupe Navarro Rojero
Directora de Posgrado
CIATEQ, A.C.

Por medio de la presente me dirijo a usted en calidad de Revisor del proyecto terminal de la alumna **Verónica Reyes de Loza**, cuyo título es:

"DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA UN SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIO Y GENERACIÓN DE PRONÓSTICOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA RFID"

Después de haberlo leído, corregido e intercambiado información con la alumna, y realizado los cambios que le fueron sugeridos, puede ser autorizada su impresión, a fin de que se inicien los trámites correspondientes para su defensa.

Sin otro particular por el momento, y en espera de que mis sugerencias sean tomadas en cuenta en beneficio del estudiante y la Institución, agradezco la atención prestada.

Atentamente,

M. en C. José Juan Rivera Ramírez

"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

El Marqués, Gto.

+52 (442) 196 1500

| 900 800 5798

| mkf@ciateq.mx

www.ciateq.mx

CARTA DE LIBERACIÓN DEL REVISOR

Guadalajara Jalisco, 05 de diciembre del 2019.

Mtro. Geovany González Carlos
Coordinador Académico de Posgrado
CIATEQ, A.C.

Los abajo firmantes, miembros del Comité Tutorial del licenciado Veronica Reyes de Loza una vez revisado su Proyecto Terminal de tesis, titulado "Diseño de un sistema de control de inventario utilizando tecnología RFID" autorizamos que el citado trabajo sea presentado por el alumno para su revisión, con el fin de alcanzar el grado de Maestría en sistemas inteligentes multimedia.

Sin otro particular por el momento, agradezco la atención prestada.

Firma



M. I Ana María Pescador Oñate
Asesor Académico

Firma



Dr. Edgar Gonzalo Cossio Franco
Asesor en Planta

AGRADECIMIENTOS

“Cuando lo creas todo perdido, no olvides que aún te queda el futuro, tu cerebro, tu voluntad y dos manos para cambiar tu destino.” Wernher von Braun.

A Dios, por acompañarme, escucharme y brindarme a mi gran familia.

A mis padres Mercedes y Miguel, que me han dado tantas enseñanzas de como siempre seguir esforzándome a lograr mis metas, gracias por todo su apoyo incondicional.

A Alejandro, gracias por todo tu apoyo, paciencia y comprensión, que siempre estás ahí para animarme a continuar.

A mis hermanos Leticia, Miguel, Edith, Sandra y Marilyn, por todo su apoyo y fe que han depositado en mí, gracias por acompañarme en algunas desveladas, por escucharme y simplemente por estar ahí.

A mis asesores de tesis, la Mtra. Ana Pescador y al Dr. Edgar Cossío, les agradezco muchísimo su tiempo, su conocimiento, y su valioso apoyo en todo este proceso.

RESUMEN

En la actualidad las empresas tienen una gran preocupación por tener inventarios exactos, el control de inventario es de vital importancia para la organización de los empleados, el control de costos y la rentabilidad del negocio, por lo tanto, si no tiene una administración adecuada pueden existir roturas de stock, acumulación de inventario no deseado, generando consecuentemente pronósticos erróneos.

Utilizando la tecnología RFID en el control de inventario, se pretende reemplazar la gestión manual de control de inventario, y con esta modificación ahorrar tiempo de descarga y carga de productos del almacén, así como la contabilización y registro del producto, evitando errores en el inventario, por lo tanto, tomando en cuenta las pruebas realizadas y los resultados obtenidos, se concluye que el prototipo del sistema proporciona eficiencia en el almacén, dado que todas las etiquetas son leídas y registradas automáticamente, siempre y cuando, estén previamente etiquetadas y sean transportadas bajo la antena correspondiente reduciendo el tiempo de la operación.

Con respecto a los pronósticos, es posible analizar de manera efectiva la demanda, donde a través de diferentes modelos matemáticos, es capaz de generar un pronóstico de demanda más preciso, reducir la incertidumbre y tomar decisiones con respecto a los pronósticos obtenidos, donde utilizando el método de índice de variación estacional se puede obtener un error porcentual absoluto medio del 13% adaptándose a la demanda real del almacén.

Palabras claves: Ingeniería y Tecnología, Tecnología de las comunicaciones, Transmisores de radio, Antenas, RFID, Pronóstico.

ABSTRACT

Nowadays, companies have concern about having accurate inventories, inventory control is vital for employee organization, cost control and business profitability, therefore if the company do not have a proper administration there may be stock shortages, accumulation of unwanted inventory, due to lack of automation, consequently generating wrong forecasts.

Using RFID technology in the inventory management, the intention is to replace the manual management of the inventory, this change can save time of loading and unloading of warehouse products, also improves the way the product is registered and counted, avoiding errors in the inventory therefore, taking into consideration the tests and the results obtained, we conclude that the prototype system provides efficiency in the warehouse, since all tags are read and registered automatically, as long as are previously labeled and are transported under the corresponding antenna reducing the operation time.

Regarding forecasts, it is possible to analyze effectively the demand of products, through different mathematical models, is able to generate a forecast more accurate, reducing uncertainty and with this information it is more easy to make decisions regarding forecasts obtained where using the method of seasonal variation it is possible to obtain a mean absolute percentage error of 13%, adapting to the real demand of the warehouse.

Key words: Engineering and Technology, Communications technology, Radio transmitters, Antennas, RFID, Forecasting.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARTA DE LIBERACIÓN DEL ASESOR.....	I
CARTA DE LIBERACIÓN DEL REVISOR	II
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
GLOSARIO	X
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4 OBJETIVOS	4
1.5 HIPÓTESIS	4
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 HISTORIA DE LA RFID	5
2.2 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA RFID	6
2.3 VENTAJAS DE UN SISTEMA RFID IMPLEMENTADO EN UN ALMACÉN LOGÍSTICO.	8
2.4 TECNOLOGÍA RFID DENTRO DE UN ALMACÉN LOGÍSTICO	9
2.4.1 Zonas de recepción y etiquetado.....	10
2.4.2 Zona de expedición	10
2.5 APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA LA PREDICCIÓN DE DEMANDA DEL PRODUCTO.....	10
2.5.1 Variación estacional	12
2.5.2 Suavización exponencial simple	13
2.5.3 Suavización exponencial triple (Holt-Winters)	14
2.5.4 Error absoluto del pronóstico.....	14
CAPÍTULO 3 PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN.....	16
3.1 MUESTRA Y POBLACIÓN.....	16
3.2 INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS	16
3.3 DEFINICIÓN DEL MODELO PARA LA GENERACIÓN DE PRONÓSTICOS.....	18
3.3.1 Selección del método de generación de pronósticos.....	18
3.4 DISEÑO DEL SISTEMA.....	21

3.4.1 Diagrama de ubicación del equipo de lectura	21
3.4.2 Diagrama de flujo del sistema	23
3.4.3 Hardware del sistema.....	23
3.4.4 Software RFID_inventory.....	29
3.4.5 Esquema de bases de datos.....	30
CAPÍTULO 4 RESULTADOS.....	32
4.1 INGRESO AL SISTEMA.....	32
4.2 PANTALLA PRINCIPAL	33
4.3 RECEPCIÓN DE MATERIAL.....	36
4.4 EXPEDICIÓN DE MATERIAL	40
4.5 BÚSQUEDA DE MATERIAL DISPONIBLE.....	42
4.6 ACTUALIZACIÓN DE DATOS.....	43
4.7 ENVÍOS AUTOMÁTICOS POR CORREO	44
4.8 GENERACIÓN DE PRONÓSTICOS.....	45
4.9 CONJUNTO DE PRUEBAS DE VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO	46
CONCLUSIONES	50
APORTACIÓN DE LA TESIS.....	52
APORTACIÓN SOCIAL DE LA TESIS.....	53
RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
ANEXO A.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Etiqueta RFID	7
Figura 2: Estructura del sistema RFID	7
Figura 3: Elementos de un pronóstico.....	11
Figura 4: Diseño del funcionamiento del sistema.....	17
Figura 5: Índice de variación estacional aplicado a la línea de producto GP.....	19
Figura 6: Suavización exponencial simple.....	20
Figura 7: Suavización exponencial triple	21
Figura 8: Plano del almacén	22
Figura 9: Diagrama de flujo del sistema general.....	23
Figura 10: Recepción/Salida de producto.....	24
Figura 11: UHF Passive RFID Reader	24
Figura 12: Anchura del haz	25
Figura 13: Polarización circular	25
Figura 14: Hub USB RS232.....	26
Figura 15: Extensión de cable RS232	26
Figura 16: Etiquetas UHF pasivas.....	27

Figura 17: Espacio de memoria de una etiqueta RFID	28
Figura 18: Impresora B-EX4T1 de Toshiba	28
Figura 19: Diagrama entidad relación del sistema	31
Figura 20: Vista de usuario regular.....	32
Figura 21: Vista de usuario planeador	33
Figura 22: Usuario inválido	33
Figura 23: Puertos COM disponibles	34
Figura 24: Puerto COM no seleccionado	34
Figura 25: Velocidad de comunicación serial	35
Figura 26: Botones de conexión/desconexión	35
Figura 27: Modos de lectura	36
Figura 28: Recepción de material.....	37
Figura 29: Diagrama del algoritmo de entrada de producto	37
Figura 30: Material no registrado	38
Figura 31: Entrada de material nuevo	38
Figura 32: Actualización de material en inventario.....	39
Figura 33: Material previamente registrado	39
Figura 34: Entrada de material registrado.....	39
Figura 35: Actualización de inventario	40
Figura 36: Salida de material.....	40
Figura 37: Diagrama del algoritmo de salida de material	41
Figura 38: Cantidad actual en inventario	41
Figura 39: Lectura de salida de material.....	41
Figura 40: Actualización de inventario en expedición	42
Figura 41: Inventario de productos	42
Figura 42: Autocompletado del número de parte enlistado.....	43
Figura 43: Pantalla de actualización.....	43
Figura 44: Datos inválidos	44
Figura 45: Actualización exitosa	44
Figura 46: Falla durante la actualización.....	44
Figura 47: Envío de correo de notificación	45
Figura 48: Descripción de la pantalla de pronósticos.....	45
Figura 49: Descripción de la pantalla de pronósticos b	46
Figura 50: Comparativa entre el pronóstico y la demanda	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requerimientos funcionales del sistema.....	18
Tabla 2: Lecturas obtenidas en la semana 1	46
Tabla 3: Lecturas obtenidas en la semana 2.....	47
Tabla 4: Comparación de resultados del PL GP.....	48
Tabla 5: Tabla comparativa de los tiempos de ejecución de actividades sin el prototipo y con el prototipo.....	50

GLOSARIO

ASK: (Amplitude-shift keying) Modulación por desplazamiento de amplitud, es una forma de modulación en la cual se representan los datos digitales como variaciones de amplitud de la onda portadora en función de los datos a enviar.

CRC: (cycle redundancy check) Un algoritmo CRC o código de redundancia cíclica es un algoritmo que permite comprobar la fiabilidad y la no alternación de los datos, se utiliza para comprobar si existe corrupción de datos.

Cross docking: corresponde a un tipo de preparación de pedido sin colocación de mercancía en stock ni operación de picking.

Dbi: Los decibelios de ganancia de una antena en comparación con una antena isotrópica, es decir, una antena que irradia energía por igual en todas las direcciones.

DLL: Biblioteca de enlace dinámico.

EPC: (Electronic product code) El código electrónico de producto es un número único diseñado para identificar de manera inequívoca cualquier objeto.

IEE: (Institute of Electrical and Electronic Engineers) Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, pronunciado I-triple-E. Fundada en 1884 como AIEE, la IEEE se formó en 1963 cuando AIEE se fusionó con IRE. El IEEE es mejor conocido por desarrollar estándares para la industria de la computación y la electrónica.

IEEE 830: Estándar recomendado por la IEEE para la especificación de requerimientos de software el cual tiene como producto final la documentación de los acuerdos entre el cliente y el grupo de desarrollo para así cumplir con la totalidad de exigencias estipuladas.

ISO: (International Organization for Standardization) Organización Internacional de Estandarización, sistema de normalización internacional para productos de áreas diversas.

MAPE: (Mean Absolute Percentage Error) Error porcentual absoluto medio, es un indicador del desempeño del Pronóstico de Demanda que mide el tamaño del error absoluto en términos porcentuales.

MHz: (Mega Hertz), un millón de ciclos por segundo. MHz se usa para medir la velocidad de transmisión de dispositivos electrónicos, incluidos canales, buses y el reloj interno de la computadora.

PIE: (Pulse interval encoding) Un método para enviar datos a una etiqueta RFID emitiendo pulsos de energía con intervalos variables, para indicar los unos y ceros del código binario almacenado en la etiqueta.

PL: (Product line) Línea de producto.

Radiofrecuencia: Frecuencia de onda que supera los 10 000 ciclos por segundo.

RFID: (Radio Frequency Identification) Identificación por radio frecuencia.

RS-232: Standard-232, la versión actual de la norma es TIA-232-F Interfaz entre el equipo terminal de datos y el equipo de terminación del circuito de datos que emplean el intercambio de datos binarios en serie, emitida en 1997. La norma RS-232 se había usado comúnmente en los puertos serie de computadoras.

UHF: (Ultra High Frequency, 'frecuencia ultra alta') Banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Ryder es una empresa de logística, que cuenta con oficinas en Estados Unidos y México, donde generan más de 3000 viajes semanales a través de la frontera. Esta empresa provee distintos servicios tales como transporte nacional e internacional, consolidación y desconsolidación de producto, gestión de flotas, alquiler de camiones, contratos de agencias aduanales, así como gestión de la cadena de suministro. (1)

En 1994 Ryder comenzó operaciones en México, actualmente tiene oficinas en Guadalajara, Ciudad de México, Saltillo y Monterrey, contando con almacenes, cruces de andén, talleres de mantenimiento, patios de camiones y centros de despacho de transporte. (1)

El almacén de Ryder controla la operación en las siguientes fases:

- Recepción: Descarga de material recibido en camión.
- Etiquetado: Etiquetar todo material recibido con etiquetas adhesivas convencionales, así como la paletización.
- Ubicación: Colocación del material en el stock adecuado, así como la reubicación de material en caso de realizar retrabajos, o que no cuente con las condiciones necesarias para ser vendido.
- Picking: Proceso de preparación de órdenes a recoger para la carga de deliveries al camión.
- Expedición: Proceso de carga de material al camión.

El control de entrada y salida del inventario se realiza de manera manual, de manera que los usuarios encargados de recepción y expedición cuentan con un formato de Excel para distintas situaciones:

- Recepción de material
- Expedición de material

Diariamente se envía un reporte de la información de todos los materiales activos, procesando por medio de una aplicación de Visual Basic, los archivos enviados por correo y actualizando la información que se tiene registrada en una base de datos.

La tecnología RFID sería ideal para automatizar el control de la operación, así como de inventario, ya que permite lectura simultánea de múltiples productos, permitiendo hasta 500 lecturas por minuto, garantizando una lectura automática de manera eficiente y fiable.

¿Qué es RFID?

La identificación por radiofrecuencia es una tecnología de identificación remota e inalámbrica, en el cual un lector RFID tiene la capacidad de leer etiquetas a través de ondas de radio, generando un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto.

Las etiquetas RFID se adhieren a cualquier material, la principal ventaja de un sistema RFID es que brinda la información que contiene la etiqueta, sin que sea necesario una visión directa entre la etiqueta y lector RFID, este capta la información y lo convierte en un formato digital.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Ryder cuenta con un almacén en Guadalajara de 52,000 materiales distintos, sin embargo, el control del inventario se realiza de manera manual, teniendo probabilidades altas de afectar la logística y en consecuencia al cliente, como consecuencia retrasos en la carga y descarga de material, inventarios agotados, conteos manuales, sobre existencias, entregas erróneas.

Desarrollando un sistema RFID para el control de etiquetado, permitirá tener un mejor control de inventario, y generación de pronósticos.

Este sistema será ventajoso ya que permite una experiencia ágil, e inmediata, en el control de inventarios, adicionalmente esta tecnología se encuentra en continua evolución así que las etiquetas RFID son cada vez de menor tamaño y la capacidad de

almacenamiento aumenta, así como las antenas alcanzan mayores rangos de cobertura, permitiendo leer múltiples etiquetas al mismo tiempo.

Como propuesta se diseñará un prototipo de sistema de control de inventarios utilizando tecnología RFID, que tendrá como objetivo el control de recepción y expedición, mejorando la veracidad del inventario, así como la generación de pronósticos más certeros.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Hoy en día muchas empresas aun realizan inventarios de los materiales de forma manual o por medio de código de barras, éstas operaciones, cuando se trata de una gran cantidad de materiales en almacén, conllevan mucho tiempo y personal llevar el control del inventario, por lo tanto, se ve reflejado en tiempo y dinero.

Un sistema RFID permite mejorar el control de inventarios, ya que los usuarios podrán optimizar la gestión de inventarios y mejorar el control de existencias, dando la posibilidad de conocer en tiempo real el movimiento de stock dentro del almacén.

Mediante las etiquetas RFID se administrarán todos los productos en stock, permitiendo que el sistema concentre la información del material, por ejemplo:

- Número de parte.
- Línea de producto.
- Descripción.
- Cantidad disponible.
- Fecha de entrada.
- Fecha de salida.

Las etiquetas RFID serían una solución ya que se permite almacenar toda la información sobre el producto, permitiendo llevar un control unitario de existencias, además la radiofrecuencia permite realizar múltiples registros a la vez.

1.4 OBJETIVOS

Objetivo general: Realizar el prototipo de diseño de un sistema de control de inventario para el almacén de Ryder en la operación de HP, utilizando tecnología RFID para mejorar los procesos de gestión de productos.

Adquiriendo los elementos necesarios para el diseño del sistema, que consta en lectores RFID, antenas y etiquetas RFID, así como el diseño del software adecuado para la operación.

Objetivos específicos:

- Diseñar un sistema para procesar las lecturas de las antenas RFID.
- Controlar la entrada y salida de producto, colocando antenas de manera estratégica.
- Mejorar la confiabilidad de la información, debido a que la información es cifrada, evita la clonación o falsificación de productos.
- Mejorar la veracidad del inventario, evitando el error humano en la toma de datos, así como los conteos cíclicos.
- Generar pronósticos automáticos de demanda por la línea de producto.

1.5 HIPÓTESIS

Utilizando un sistema de Inventario RFID se podrá obtener los siguientes beneficios:

- Mejorar la identificación de manera automática y precisa.
- Reducción del tiempo de registro y contabilización de carga y descarga de producto en un 25%.
- Generación automática de pronósticos de demanda con base en la línea de producto.

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

2.1 HISTORIA DE LA RFID

La tecnología RFID nació en el ámbito militar, durante la segunda guerra mundial los ejércitos utilizaban radares para detectar la cercanía de los aviones, sin embargo, no podían distinguir si el avión que se acercaba a la base era enemigo o aliado, los alemanes descubrieron que, si los pilotos balanceaban los aviones, la señal de onda era distinta, este método permitía alertar a la tripulación del radar que se trataba de aviones enemigos y no de aviones aliados. Este método fue considerado uno de los primeros sistemas pasivos RFID. (2)

IFF (Identify Friend or Foe) fue el primer sistema RFID activo, que fue desarrollado en 1942 por el ejército británico. Este sistema consistía en instalar en cada avión británico un transmisor, de manera que cuando el radar recibía la señal, el radar lo identificaba como un avión aliado, emitiendo una señal de reconocimiento. (3)

Al combinar la radiodifusión y el radar se obtuvo la tecnología RFID que finalmente consiste en un transmisor que envía señales de onda, de manera que cuando la señal encuentra un transpondedor, este responde emitiendo una señal al transmisor. (4)

En los años 50's, se realizaron varios estudios para crear sistemas con mayor seguridad aplicados a controles de accesos, sistemas antirrobo, instalaciones nucleares, exploración petrolera, de esta manera se lograron grandes avances en la comunicación a través de radares y radiofrecuencia. (4)

Durante los años 60's Sensormatic y Checkpoint desarrollaron un sistema de vigilancia electrónica para productos, en el cual se evitaba el robo en tiendas minoristas, librerías u oficinas. Este sistema fue nombrado Electronic Article Surveillance (EAS), este desarrollo impulsó la tecnología durante los años posteriores. (4)

En los años 70's se realizaron más estudios e investigaciones, de tal manera que tecnología RFID fue creciendo y desarrollándose cada vez más, posteriormente en 1973 la tecnología RFID pasiva fue patentada por Charles Watson. (5)

Durante los últimos años se ha incrementado la comercialización de la tecnología RFID, reduciendo los costos de la implementación, mejorando la calidad y velocidad de lectura. (2).

2.2 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA RFID

La identificación por radiofrecuencia es una tecnología de identificación remota e inalámbrica, en el cual un lector RFID tiene la capacidad de leer etiquetas a través de ondas de radio, generando un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto. (6)

Los componentes básicos de un sistema RFID son:

- **Etiquetas:** también conocidas como tags o transpondedores (7), las cuales están compuestas de los siguientes elementos:

Antena: es la encargada de transmitir la información de identificación.

Microchip: almacena el número de identificación y otros datos registrados desde fabricación y/o son ingresados por medio del sistema.

Transductor de radio: es el elemento que convierte la información transmitida por la antena.

Actualmente existen 3 tipos de etiquetas

- Etiquetas pasivas: son de menor costo, menor tamaño, alcanzando una distancia hasta de 7 metros y no necesitan batería interna.
- Etiquetas activas: cuentan con una batería interna, por lo cual su cobertura es más amplia alcanzando cientos de metros, asimismo el espacio de almacenamiento es mayor, son etiquetas con mayor seguridad y fiabilidad, por lo tanto, son más caras y de mayor tamaño.
- Etiquetas semi-pasivas: es una mezcla de las dos anteriores, donde el chip se activa utilizando la batería interna, sin embargo, puede utilizar la energía recibida por la antena para responder.

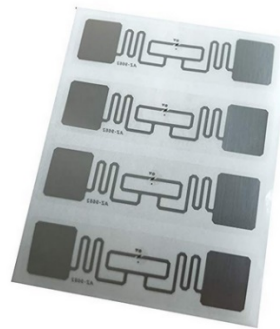


Figura 1: Etiqueta RFID

- **Lector de RFID:** Está compuesto por una antena, un decodificador y un transceptor. El lector es el encargado de recibir la información emitida por las etiquetas, transmitiendo la información al subsistema de procesamiento de datos.
- **Subsistema de procesamiento de datos:** es el software intermediario entre el lector y las aplicaciones. Este subsistema filtra la información de manera que la aplicación reciba solamente los datos útiles.

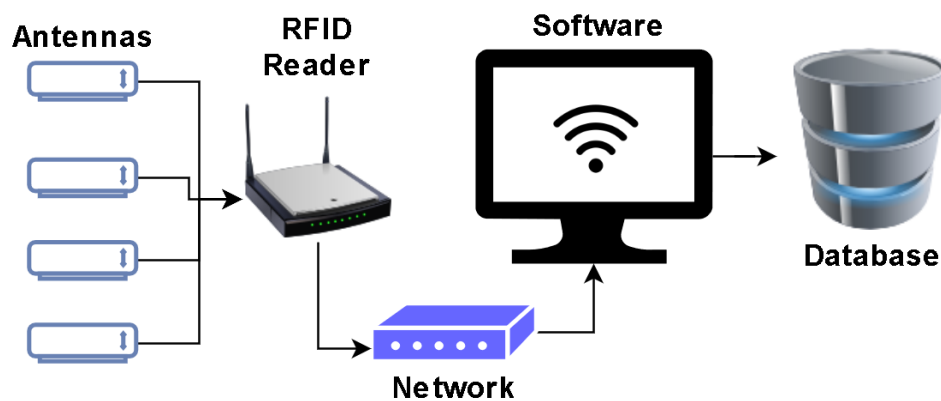


Figura 2: Estructura del sistema RFID

Fuente: Elaboración propia

En un sistema RFID, las antenas tienen el propósito de recibir y transmitir señales de radiofrecuencia de manera que cuando una etiqueta se encuentre al alcance de la antena, la etiqueta responda el mensaje con la información que la identifica. Es importante

mencionar que las etiquetas pueden leerse a distancia, sin contacto físico directo, ni que se encuentren directamente alineadas al lector (8).

Utilizar etiquetas pasivas en el almacén de Ryder sería beneficioso debido a que estas etiquetas son de bajo costo y regrabables, y tienen la capacidad de transmitir información al lector utilizando la corriente eléctrica transmitida a través de la antena RFID (8).

La aplicación contará con un mecanismo que le permitirá detectar etiquetas duplicadas, así mismo deberá estar activado el algoritmo de anticolisión que viene integrado en el lector RFID, ya que si se lee más de una etiqueta los datos colisionarían y no podrían ser leídas.

La posición del lector deberá estar considerada para obtener una lectura óptima de las etiquetas, ya que de ello depende una correcta transmisión de datos.

Las antenas RFID cuentan con 3 factores que influyen en la lectura de las etiquetas (9):

- Ganancia: la abertura del haz de lectura depende directamente de la ganancia, donde se puede ampliar o reducir el rango de la lectura.
- Polarización: es la orientación de la transmisión del campo electromagnético.
- Patrón: Es el área de lectura que se obtiene a través de la energía tridimensional que genera la antena.

2.3 VENTAJAS DE UN SISTEMA RFID IMPLEMENTADO EN UN ALMACÉN LOGÍSTICO.

Utilizar la tecnología RFID en un inventario ofrece los siguientes beneficios:

- Identificación de un producto en la cadena de suministro, de manera automática y precisa.
- La lectura es rápida y precisa, sin la necesidad de tener una línea de visión directa (8).
- Reducción de roturas de stock.
- Capacidad de notificar que hay producto por agotarse. (10)

- Capacidad de notificar que hay producto colocado erróneamente. (10)
- Hacer un óptimo seguimiento de la mercancía en pallets o cajas.
- Las etiquetas tienen larga vida útil.
- Control de retiro de productos.

Implementar un sistema RFID en el almacén de Ryder puede optimizar la gestión del inventario dentro de los procesos manuales de identificación y contabilización del producto, de esta manera se lograría mejorar la precisión del inventario, así como la productividad del personal, reduciendo los tiempos de registro de expedición y recepción de producto; cabe mencionar que, aunque la intervención humana sería reducida, no es eliminada, ya que el personal sigue siendo esencial para la operación del almacén.

2.4 TECNOLOGÍA RFID DENTRO DE UN ALMACÉN LOGÍSTICO

Un almacén logístico es una unidad que ofrece a empresas comerciales o industriales, soporte y servicios de custodia, resguardo, control y gestión de productos (11).

En el 2004, la empresa Wal-Mart implementó en sus tiendas un sistema RFID, por el cual solicitaron a 100 de sus principales proveedores que utilizaran en los pallets y cajas de productos etiquetas RFID, con esta solicitud Wal-Mart prometía una cadena de suministro más eficiente. Esta petición causó que otras empresas de Estados Unidos comenzaran a utilizar esta tecnología logrando mucho mayor reconocimiento en todo el país (12).

La visibilidad del inventario puede llegar al 99%, con lo cual la empresa sabe en cada momento qué tiene en sus bodegas, cuánto ha salido del almacén y cuánto necesita solicitar para no agotar existencias en materiales.

La tecnología RFID aplicada en un almacén permite distintos niveles de identificación, que varían entre pallets, cajas, números de parte o artículo en específico, de manera que esta característica logra mejorar la visibilidad del producto, permitiendo localizar la ubicación exacta del material generando una mejor gestión del almacén. Además, al utilizar lectores RFID en las entradas y salidas del almacén se logra optimizar los procesos de almacenamiento (13).

Un sistema RFID tiene la capacidad de registrar producto automáticamente, esto permite mejorar el control de existencias, logrando reducir el tiempo de registro de producto, de tal manera que se ofrece un mejor servicio e incluso es posible obtener los movimientos del almacén en tiempo real (13).

Tomado en cuenta los casos de éxito de la implementación de sistemas RFID, notando mejoras en la precisión del inventario, se desea implementar un prototipo de sistema RFID en el almacén de Ryder, donde serán reorganizadas las siguientes áreas:

2.4.1 Zonas de recepción y etiquetado

En la zona de recepción y control, el producto es almacenado temporalmente, donde el producto se registra, clasifica y pasa por el control de calidad. El producto se ha solicitado previamente etiquetado, no obstante, si el producto recibido no se encuentra previamente etiquetado, pasará a ser etiquetado con etiquetas RFID, generadas por medio de la impresora RFID, una vez etiquetados serán inventariados a través de las antenas de recepción.

2.4.2 Zona de expedición

Esta zona está destinada a cargar en los camiones los pedidos ya preparados. Donde es necesario agrupar y embalar los productos en el camión, asimismo registrando los movimientos de salida. En esta zona se encontrarán las antenas RFID que leerán el material que saldrá del almacén.

Con la extracción de datos históricos del almacén e integrándola con la información actual del sistema propuesto, la planeación de inventarios puede ser mejorada, por lo cual se podrá generar un pronóstico de demanda, mejorando los planes operativos para los usuarios llamados planeadores.

2.5 APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA LA PREDICCIÓN DE DEMANDA DEL PRODUCTO

La planeación de la demanda es el proceso de analizar las ventas de un área, con el cual se pretende calcular la demanda en un futuro, de esta manera anticipar los

pedidos de los clientes, planeando la compra de producto, evitando roturas de stock, además de mejorar la disponibilidad (14).

La demanda futura de la línea de un producto en una empresa puede variar por muchos factores y en ocasiones es difícil seleccionar un método adecuado para generar pronósticos. Los cuatro elementos de un pronóstico son: visión, datos históricos, presentes y futuros (15).

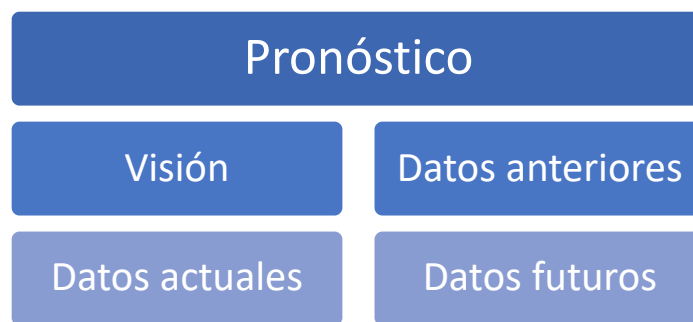


Figura 3: Elementos de un pronóstico

Fuente: elaboración propia

Un forecast consiste en examinar la demanda real de una línea de producto, en el cual se analizan distintos factores que influyen en la serie, de esta manera generar un pronóstico más cercano a la demanda que se generará en un futuro. Un forecast más certero, permite que un almacén logístico esté preparado para manejar el almacén.

La importancia del forecast para la gestión de la demanda es, por tanto, fundamental para optimizar todos estos procesos, así como para ser competitivos, rentables y productivos. (16)

Ajustando los algoritmos adecuados para el manejo de los datos obtenidos desde el prototipo de sistema RFID, se podrá generar un pronóstico de demandas con base a la línea de producto, ya que se tendrá un mejor control de entrada y salida del producto en el almacén.

Utilizar la tecnología RFID en un almacén consigue incrementar la venta de producto, ya que, al mejorar la disponibilidad del material, se logra optimizar los procesos de distribución y producción, de la misma manera se logra reducir el exceso de inventario (17).

Se estima que una tercera parte del inventario corresponde a los stocks de seguridad, debido a que los datos de la demanda no son precisos y tampoco se encuentran actualizados en tiempo real (18).

Para la generación de pronósticos se analizaron 3 métodos matemáticos para realizar pruebas con los datos obtenidos del almacén, los cuales se describen a continuación:

2.5.1 Variación estacional

El método por índice de variación estacional es recomendable en el caso donde la demanda de un producto tiene un comportamiento estacional marcado (19).

Patrones de cambio en una serie de tiempos en un año. El componente estacional de la serie de tiempo presenta variabilidad debido a la influencia de las estaciones año con año (20).

Esta variación corresponde a los eventos que ocurren en los mismos meses, donde puede variar por clima, días festivos, eventos escolares, deportivos, etc.

Las ecuaciones que se utilizan son (20):

$$\hat{X}_t = \frac{\sum X_{t+} Y_t}{2}$$

$$Z = \frac{\sum \hat{X}_t + \dots + \hat{X}_n}{n}$$

$$S_t = \frac{\hat{X}_t}{Z}$$

$$P_t = Z * S_t$$

X_t	Demanda del periodo estacional del año actual
Y_t	Demanda del periodo estacional del año anterior
\hat{X}_t	Promedio del periodo estacional del año actual y anterior.
S_t	Factor de estacionalidad
Z	Promedio de toda la serie estacional
P_t	Pronóstico del periodo estacional
n	Cantidad de periodos a calcular

2.5.2 Suavización exponencial simple

El método de suavización exponencial simple calcula el promedio de una serie de tiempo utilizando un algoritmo de autocorrección en el cual se ajusta la tendencia en dirección opuesta a las desviaciones del pasado, por lo tanto, el pronóstico es afectado por un coeficiente de suavización. (21)

El pronóstico de suavización exponencial simple es óptimo para series de tiempo donde la demanda tiene patrones aleatorios, donde se busca disminuir el impacto de las irregularidades. (19)

Este método utiliza una constante de suavización alfa (α) con un rango entre 0 y 1, donde el valor suele variar entre 0.05 y 0.50 (22).

$$\hat{X}_t = \hat{X}_{t-1} + (\alpha * (X_{t-1} - \hat{X}_{t-1}))$$

\hat{X}_t	Pronóstico de demanda actual
\hat{X}_{t-1}	Pronóstico de la demanda del periodo anterior
X_{t-1}	Demanda real del periodo anterior
α	Coeficiente de suavización (valores entre 0.0 y 1.0)

2.5.3 Suavización exponencial triple (Holt-Winters)

El método de suavización exponencial triple es un algoritmo iterativo que utiliza 2 exponentes suavizantes, asimismo considera la tendencia y estacionalidad en la serie de tiempo, este método permite estudiar la tendencia a futuro mediante la generación de pronósticos a mediano y largo plazo (23).

Es recomendado utilizar al menos 20 periodos previos de venta, de manera que se puedan ajustar los valores aplicados en el modelo. (24)

El pronóstico del método de Holt-Winters se genera utilizando las siguientes formulas (25):

$$I_t = \left(\alpha * \frac{Y_t}{S_{t-L}} \right) + [(1 - \alpha) * (I_{t-1} + T_{t-1})]$$

$$S_t = \left(\gamma * \frac{Y_t}{I_t} \right) + [(1 - \gamma) * (S_{t-L})]$$

$$T_t = \beta * (I_t - I_{t-1}) + [(1 - \beta) * (T_{t-1})]$$

$$F_{t+m} = (I_t + mT_t) * (S_{t+m-L})$$

I_t	Suavización exponencial del periodo
S_t	Estimación de estacionalidad del periodo
T_t	Estimación de la tendencia del periodo
F_t	Pronóstico del periodo
Y_t	Demanda de periodo
L	Cantidad de meses que transcurre para que se repita la estacionalidad
α	Coeficiente de suavización (valores entre 0.0 y 1.0)
β	Coeficiente de suavización para la tendencia (valores entre 0.0 y 1)
γ	Coeficiente de suavización para la estacionalidad (valores entre 0.0 y 1)
m	Cantidad de periodos que se desean pronosticar

2.5.4 Error absoluto del pronóstico

Este dato arroja la diferencia absoluta entre la demanda real del periodo y el pronóstico generado (22).

$$e_t = |X_t - \hat{X}_t|$$

\hat{X}_t	Pronóstico de demanda actual
X_t	Demanda real del periodo actual

CAPÍTULO 3 PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN

3.1 MUESTRA Y POBLACIÓN

Actualmente en el almacén de Ryder en la sección de HP Inc. se tienen 55,000 productos distintos, donde se ha tomado como muestra 2750 productos (5%) para la implementación del prototipado del control de inventario.

Para implementar la generación de pronósticos de demanda, se utilizaron datos históricos obtenidos de los registros de salidas del almacén de Ryder de 2017 al 2019.

Cada producto en la muestra se encuentra etiquetado, donde el producto tiene 2 identificadores: número de parte y EPC (código de producto electrónico) que nos permite identificar cada pieza entre el mismo tipo de producto.

3.2 INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la realización de prototipado y pruebas del sistema, se utilizaron 4 lectores RFID para la lectura del producto etiquetado que entra y salen del almacén, colocándolas en el área de pruebas para la simulación de muelles de entrada y salida.

Realizando un análisis de la mejor posición de las antenas RFID, se determinó que la antena se coloca dirigida al piso, a una altura de 2.8 metros, se logra captar todas las etiquetas que pasan bajo el arco ya que la antena tiene un haz de 55 grados.

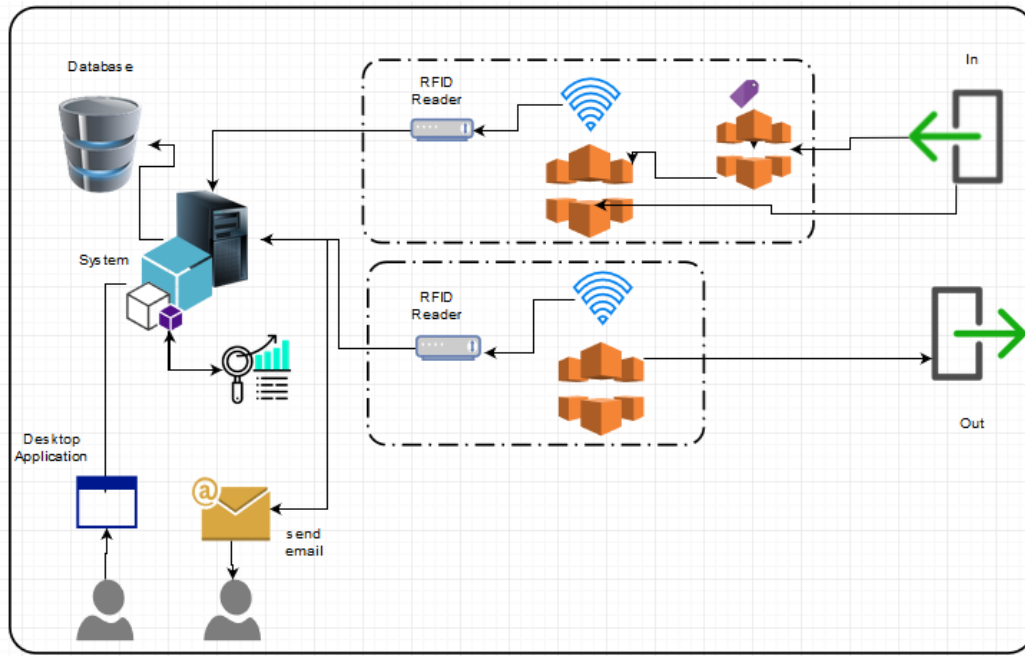


Figura 4: Diseño del funcionamiento del sistema

Fuente: elaboración propia

El funcionamiento del sistema RFID (figura 3) se basó en los siguientes puntos:

- Se solicita desde pedido que el todo producto sea previamente etiquetado de esta manera el producto es recibido y registrado en automático, pasando bajo el arco de entrada.
- Todo producto que no se encuentre previamente etiquetado, es etiquetado por el personal de Ryder, posteriormente procesando el inventario por medio del lector RFID de entrada.
- Todo producto que salga del almacén bajo el arco de salida se procesa y registra por el lector RFID.
- El sistema de control de inventarios actualiza las entradas y salidas del inventario en la base de datos, desde la información recibida a través del sistema RFID.
- El personal de recepción y expedición visualiza el material procesado en los arcos.
- El personal puede consultar el material en inventario.
- El personal que se dedica a realizar la planeación mensual visualiza pronósticos de demanda.
- Se notifica la escasez de producto por correo.

En este trabajo de investigación se utilizó el estándar IEEE 830 para la especificación de requerimientos del sistema. El estándar IEEE 830 es universal en el desarrollo de software, ya que es una guía para describir los requerimientos necesarios en el sistema propuesto, por medio de este documento se logra describir y puntualizar los requerimientos del prototipo del sistema de inventario utilizando tecnología RFID.

En la tabla 1 se muestran los requerimientos funcionales definidos para el sistema a través del estándar IEEE 830, el cual puede consultarse en el Anexo A.

Tabla 1: Requerimientos funcionales del sistema

Requerimientos Funcionales	
Requerimiento	Descripción
RF001	Iniciar sesión
RF002	Consulta de producto
RF003	Agregar producto etiquetado
RF004	Dar salida a producto etiquetado
RF005	Actualizar datos de un producto etiquetado
RF006	Generar pronóstico de demanda

3.3 DEFINICIÓN DEL MODELO PARA LA GENERACIÓN DE PRONÓSTICOS

3.3.1 Selección del método de generación de pronósticos.

Para la selección del método de generación de pronósticos, se realizaron pruebas con 20 líneas de producto, donde se realizaron las simulaciones del funcionamiento con la herramienta Excel para encontrar que método generara el menor error porcentual absoluto medio (MAPE).

Utilizando la línea de producto GP, se exponen las diferencias encontradas entre cada método de generación de pronóstico de la investigación.

3.3.1.1 Índice de variación estacional

La variación estacional se utiliza en series de demanda donde existe una estacionalidad marcada, es decir que haya una repetición de tendencia cada cierto mes; en el siguiente ejemplo se observa que la línea de producto tiene tendencias muy definidas,

que se repiten año con año, de esta manera se puede obtener el factor de estacionalidad, para realizar un pronóstico acercado a la tendencia que definen sus históricos.

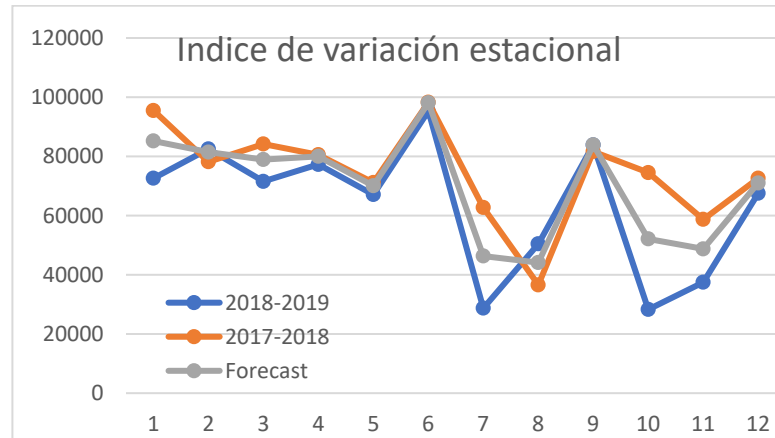


Figura 5: Índice de variación estacional aplicado a la línea de producto GP

Los datos de esta gráfica fueron obtenidos de los registros de salida del almacén, del 2017 al 2019 de la línea de producto GP.

Este método se adapta al comportamiento irregular de la demanda, tomando el índice estacional por mes, ya que las series generadas en este almacén tienen ciclos anuales, por lo que es apropiado utilizar como datos históricos el mismo período de años anteriores, sin tomar en consideración la tendencia de los meses anteriores del mismo año, este método generó un MAPE del 13%.

3.3.1.2 Suavización exponencial simple

Asignando un $\alpha = '0.56'$. Este método, busca reducir los picos que se generan en una demanda irregular, mediante patrones aleatorios.

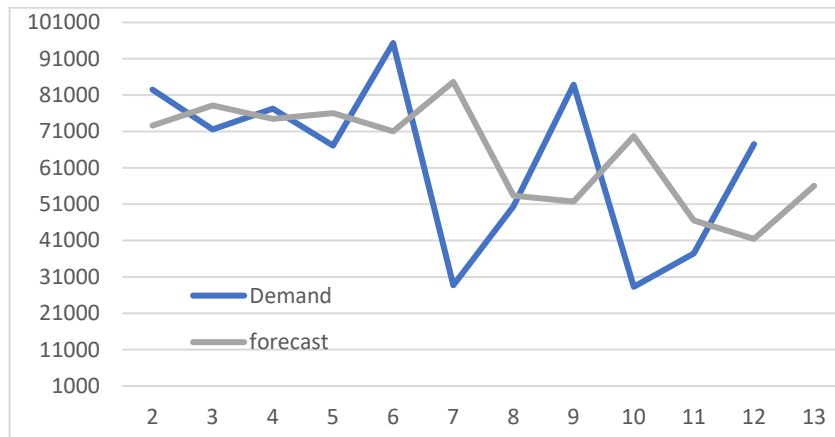


Figura 6: Suavización exponencial simple

Los datos de la gráfica 2 fueron obtenidos de los registros de salida del almacén, del 2018 al 2019 de la línea de producto GP.

Este método busca contrarrestar los picos generados en la demanda, como se puede observar en el gráfico, sin embargo, este método es adecuado para series que tienen ciclos muy pronunciados, donde el ciclo es notorio, y este método no es apropiado para nuestra demanda debido a las irregularidades en la serie, ya que no mantiene un ciclo cada cierto mes del año, generando un MAPE del 33%.

3.3.1.3 Suavización exponencial triple (Holt-Winter)

Este método considera la estacionalidad tanto como la tendencia, donde en la ecuación utiliza $\alpha = '0.32'$, $\beta = '0'$, $\gamma = '0.64'$, que son los valores que generaban un menor MAPE en la serie.

En esta situación se busca encontrar cada cuántos meses se repite la tendencia de demanda, por lo que se ha seleccionado tomar la tendencia semestral, así mismo, este método permite generar un pronósticos de 6 meses a futuro.

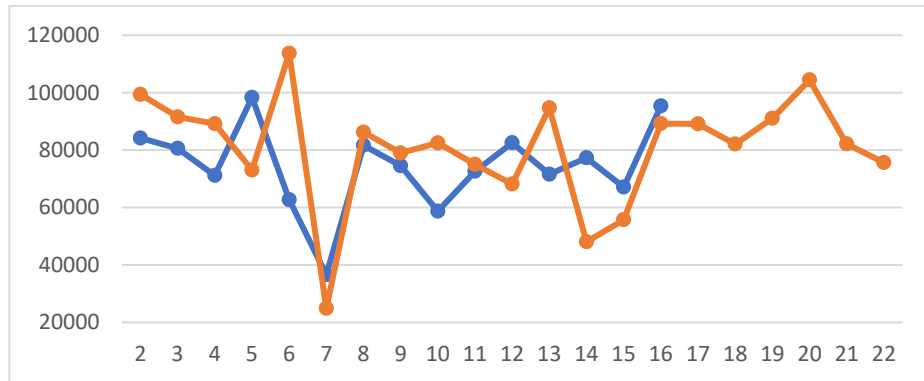


Figura 7: Suavización exponencial triple

La gráfica 3 fue generada de los registros de salida del almacén del 2018 al 2019.

Este método se ha adaptado al comportamiento irregular de la demanda, ya que se toman ciclos de 6 meses, sin embargo, es imposible evitar los picos de demanda del producto, que no se ven previstos, por lo que genera un MAPE del 24%.

Analizando la demanda generada en el almacén de Ryder utilizando la sección de HP Inc., utilizando los datos históricos de un mínimo de 2 años, se concluye que las series que se generan resultan ser muy irregulares para métodos que se concentran simplemente en tendencia de meses anteriores, sin embargo utilizar los factores estacionales por año, y tendencia generan pronóstico más adecuados para las series irregulares de Ryder, que muestran tendencias anuales, donde las ventas, suben o bajan regularmente en las mismas temporadas.

3.4 DISEÑO DEL SISTEMA

Tomando como base el prototipado y pruebas del sistema desarrollado, donde se colocaron 4 antenas para el control de entrada y salida de producto, se logra realizar el diseño del control de inventario RFID de la siguiente manera:

3.4.1 Diagrama de ubicación del equipo de lectura

La etiqueta es leída de manera inalámbrica por la antena RFID correspondiente, que se encuentra vinculada a una computadora, donde se visualizan las entradas y salidas,

como se muestra en la figura 8, donde las figuras verdes son las antenas de entrada y las figuras azules son las antenas de salida, cada antena estará ubicada sobre un arco por el cual el material es transportado.

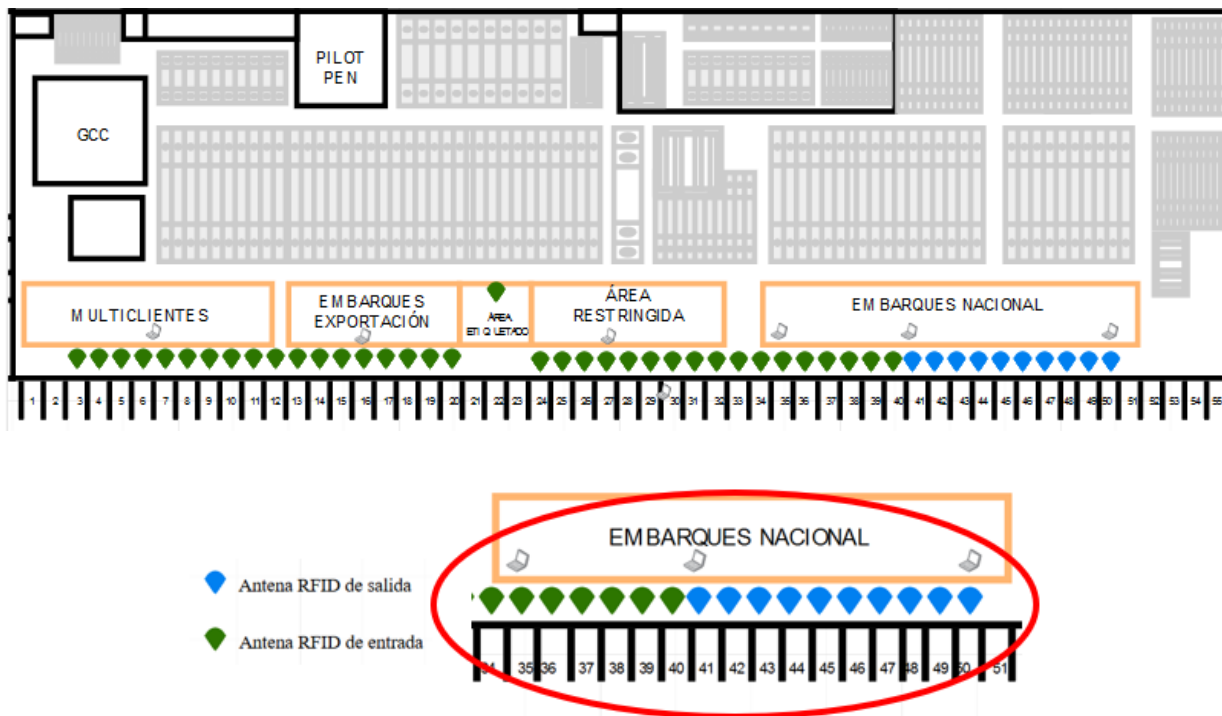


Figura 8: Plano del almacén

Fuente: elaboración propia

El producto que no se encuentre previamente etiquetado deberá ser ingresado por los arcos del 21 al 23, para ser des-paletizado y etiquetado posteriormente, de esta manera cuando pase bajo el arco ubicado en el área de etiquetado, es registrado en el inventario.

La siguiente fase de este prototipo, consistirá en configurar antenas RFID en los 36 arcos de recepción y 10 expedición, de esta manera implementar el 100% de este diseño de sistema.

3.4.2 Diagrama de flujo del sistema

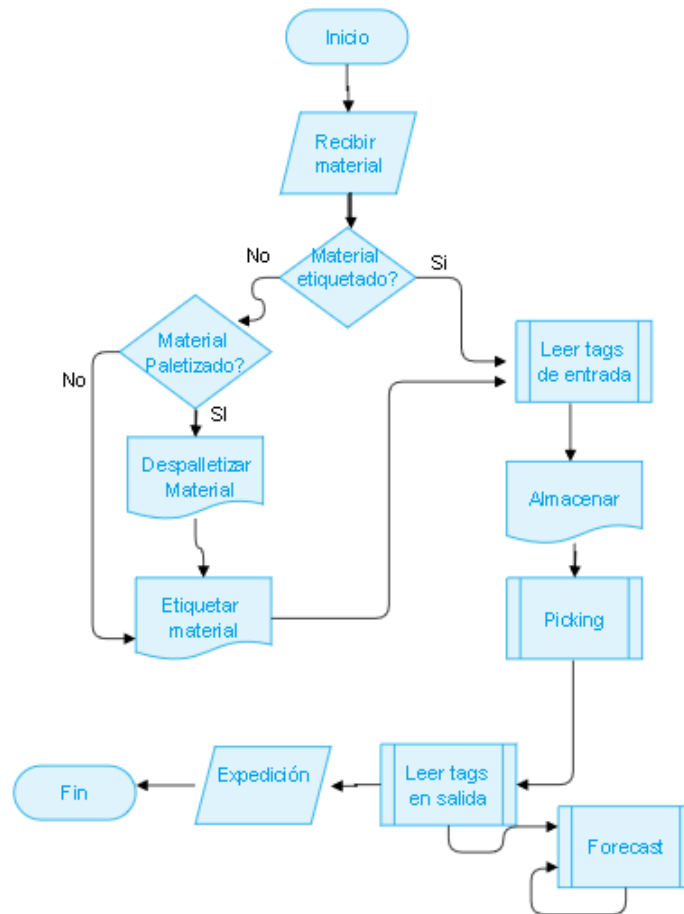


Figura 9: Diagrama de flujo del sistema general

3.4.3 Hardware del sistema

Dentro del almacén fueron configurados 4 lectores RFID en los muelles de entrada y salida de prueba, de esta manera se identifican las etiquetas, que entran y salen del almacén (figura 6).

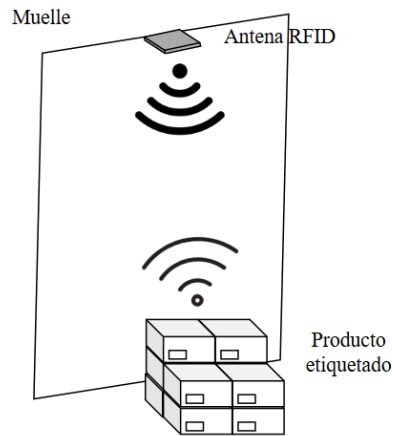


Figura 10: Recepción/Salida de producto

Fuente: elaboración propia

Se utilizaron lectores UHF Passive RFID Reader de 8dBi (B01M2TT4LE) (26). El cual capta rangos de frecuencia de 902 a 928 MHz por lo cual la antena tiene un alcance de hasta 7 metros para la detección de etiquetas en el arco. Este lector se alimenta con una fuente de 9VDC, comunicándose con una computadora por medio de un cable USB - RS232. Este lector RFID al ser adquirido proporciona un kit de desarrollo de software para que sea utilizado según las necesidades del proyecto, en este caso, se desarrolló el software de control de inventario utilizando el DLL proporcionado.



Figura 11: UHF Passive RFID Reader

Al seleccionar una antena, se tienen 2 factores importantes a considerar que son la polarización y ganancia, donde con una mayor ganancia se obtiene una cobertura más estrecha, pero el haz viaja a más distancia, entre menor ganancia se tenga, más abertura se tendrá al leer, sin embargo, el haz de lectura será más corto; en este proyecto se necesita más distancia que abertura en el haz de lectura, de esta manera, cada antena

tiene un haz de hasta 7 metros y una abertura de 55 grados en planos horizontal y vertical, tal y como se representa en el segundo esquema de la figura 7 (27).

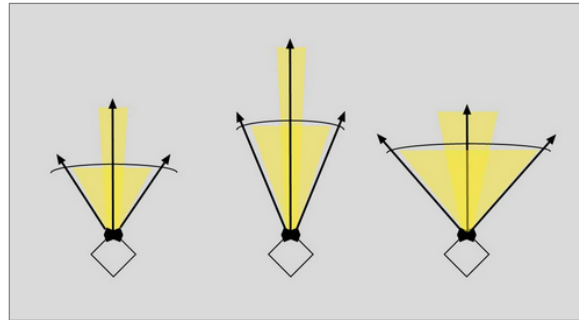


Figura 12: Anchura del haz

Las antenas utilizadas son de polarización circular, donde las ondas de radio frecuencia son enviadas en un movimiento circular en sentido horario o también llamado polarización a izquierdas (figura 8) (27).

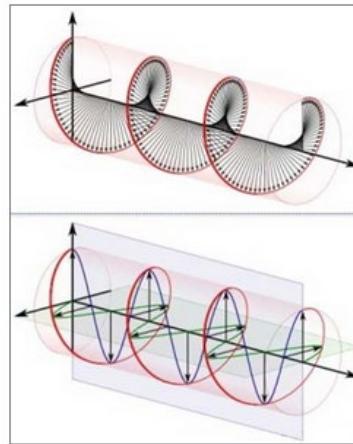


Figura 13: Polarización circular

El área que se desea cubrir para cada arco es de 2.5 metros, donde las antenas están ubicadas a una altura de 2.8 metros, en el arco correspondiente, por lo que la polarización circular es adecuada para el área a cubrir, colocándolas para una lectura vertical sobre el arco, dirigiéndolas al piso.

Para la actualización de información del producto específico, se utiliza el lector colocado en el área de etiquetado.

Para la lectura de señales se utiliza el software desarrollado, instalado en las 2 computadoras ubicadas en el área de pruebas; para la futura implementación total del sistema será instalado en 6 computadoras del almacén, donde la computadora es compatible con los sistemas utilizados en el almacén, que en este caso es Microsoft Windows, las computadoras ya se tienen en la ubicación por el registro manual que se realizaba anteriormente.

Las antenas están conectadas de manera serial (28) por medio de un hub RS232 (ICUSB2328I) de 8 puertos (29), por lo que una computadora capta las señales hasta de 8 antenas.



Figura 14: Hub USB RS232



Figura 15: Extensión de cable RS232

Para la compra de etiqueta RFID pasivas (30), es importante que se adquieran etiquetas que sean compatibles con el rango de lectura de la antena. Es decir que las etiquetas que se estén comprando siempre estén dentro del rango 902 a 928 MHz.



Figura 16: Etiquetas UHF pasivas

EPC Gen 2 Clase 1 UHF fue desarrollado por EPC Global el cual ha sido reconocido como un estándar ISO además de contar con validez mundial, consiguientemente, los dispositivos utilizados en entornos RFID UHF (860-960 MHz) 18000-6 fueron certificadas por ISO para convertirse finalmente en ISO 18000-6C. (31)

La Clase 1 Generación 2 utiliza la codificación por intervalo de pulsos PIE (Pulse Interval Encoding) para transmitir información hacia el lector. Donde una pausa simple determina la transmisión de un uno y una pausa doble determina la transición de un cero. La codificación por intervalo de pulsos en ISO 18000-6C trabaja simultáneamente con modulación por desplazamiento de amplitud ASK (Amplitude-shift keying) en el cual cambia la amplitud de la onda y de esta manera logra ser representado en datos digitales. (4)

Cada etiqueta cuenta con un código único (EPC), el cual es grabado desde la fabricación de la etiqueta, por lo tanto, se tiene la ventaja de poder identificar cada etiqueta que es leída por el sistema, evitando la duplicidad.

Cada etiqueta cuenta con cierto espacio de memoria disponible como se muestra en la figura 17 (32), donde está separada lógicamente en 4 bancos (33).

Memoria de reserva: Contiene las contraseñas o claves para acceder o matar la etiqueta, de esta manera antes de enviar un comando se envía una clave internamente, que se valida, antes de cambiar cualquier información de la etiqueta, ubicado en la dirección 00h a 1Fh.

Memoria EPC: La memoria EPC contiene un CRC-16 (cycle redundancy check) el cual se utiliza para validar la autenticidad de los comandos recibidos por el lector RFID, asimismo confirmar que fue actualizado exitosamente. Esta información se almacena en la

dirección 10h a 1Fh, además de contener un código único (EPC) que lo identifica ubicado en la dirección 20h.

Memoria TID: Contiene la información del fabricante, modelo y versión de la etiqueta, ubicado en la dirección 00h al 07h.

Memoria del usuario: Donde se almacena la información del producto.

bank: 00	"Kill" Password	Reserved memory
	"Access" Password	
bank: 01	CRC-16	EPC memory
	Protocol Control (PC)	
	Electric Product Code (EPC)	
bank: 10	Tag Identification (TID)	TID memory
bank: 11	user	USER memory

Figura 17: Espacio de memoria de una etiqueta RFID

Se solicita que el material sea previamente etiquetado, para que pueda ser procesado directamente, sin embargo, durante la transición de cambio, en el área de etiquetado será configurada 1 impresora de etiquetas RFID (34), para que el material que no llegue previamente etiquetado; se etiquete correctamente. Así mismo de ser necesario alguna corrección en la información de la etiqueta, se actualice en el área de etiquetado.



Figura 18: Impresora B-EX4T1 de Toshiba

El material se recibe con una hoja pegada al pallet, indicando la información que contiene el pallet que se recibe, donde se utiliza un software que es compatible con la impresora, donde solamente se ingresa el material y la cantidad de etiquetas a imprimir, de esa manera se etiqueta los materiales que no son previamente etiquetados, posteriormente se registran las entradas.

3.4.4 Software RFID_inventory

El software de control de inventario fue desarrollado por mí, con lenguaje C#, utilizando conexión a SQL Server y la DLL llamada Disdll que es proporcionada en el kit de software en la compra de la antena, esta DLL permite la conexión con el lector, así como la lectura de las etiquetas.

El software de control de inventario lee los productos que pasen bajo del arco correspondiente, donde la pantalla muestra agrupadores por número de parte, descripción del producto, línea de producto, y cantidad del producto leído.

Las ventajas del desarrollo de software que se presentan son:

- El software añade la funcionalidad de generar pronósticos.
- Se genera como un software modular, permitiendo agregar nuevas funcionalidades según el crecimiento del proyecto.
- No es necesario pagar licencia por su uso, ya que es un desarrollo interno.

3.4.4.1 Requerimientos del software

El software de gestión o RFID inventory solicita los siguientes requerimientos básicos

- Procesador de 4 núcleos 3.5 GHz o superior
- Mínimo 4GB de Memoria
- Windows 10 pro
- .NET Framework 4.6.1
- Conexión a red de HP (esto puede ser por medio de "HP Remote Access VPN connection" en equipos de HP, o "VPN Pulse en equipos de Ryder")

3.4.5 Esquema de bases de datos

La base de datos es empleada en Microsoft SQL Server 2018, utilizando las siguientes tablas:

Users: Donde se almacena la información de los usuarios que tiene acceso a la herramienta, así como su tipo de acceso.

- IdUser: identificador único de usuario.
- Email: correo del usuario.
- LastUse: fecha de último ingreso.
- DateRegister: Fecha de registro del usuario.
- accessType: Tipo de usuario (Regular, Planner, Admin).

Material_inventory: Esta tabla almacena los materiales activos, en almacén, agrupando por número de parte, indicando la descripción del producto, línea de producto, y cantidad disponible.

- PartNumber: identificador único de producto.
- Description: Descripción del producto.
- idUser: id del usuario que registró por primera vez el producto.
- PL: línea de producto.
- Stock: Cantidad disponible.

EPC_register: Esta tabla almacena los datos específicos del producto, indicando su fecha de entrada, código de producto.

- EPC: identificador único de etiqueta.
- PartNumber: Producto.
- idUser: id del usuario que registró la entrada de la etiqueta.
- addDate: fecha de registro.

EPC_expedition: Esta tabla almacena toda la información referente a productos que han salido del almacén, indicando su fecha de salida y código de producto.

- EPC: identificador único de etiqueta.
- PartNumber: Producto.
- idUser: id del usuario que registró la salida de la etiqueta.
- addDate: fecha de salida.

Logs_RFID: Esta tabla almacena los errores arrojados durante la utilización del software, los cuales son analizados y corregidos por mí, para dar correcto mantenimiento a la herramienta, así como mantener la integridad de la información.

- idLog: identificador único de error.
- idUser: id del usuario que utilizaba la aplicación.
- Message: mensaje de error.
- addDate: fecha en la que se generó el error.

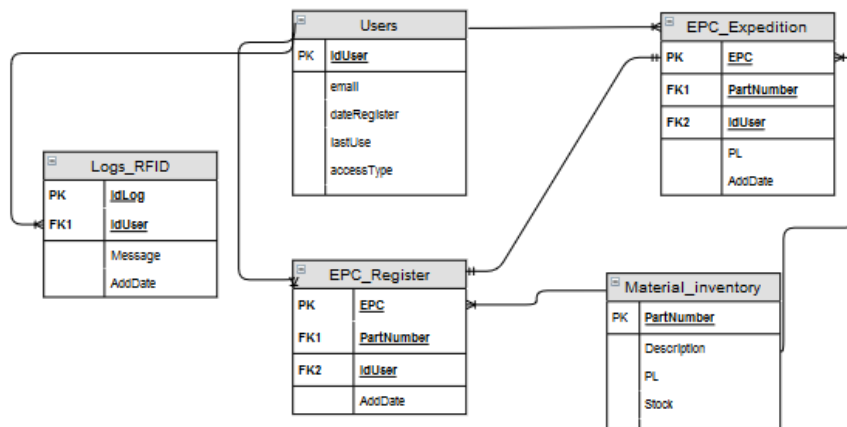


Figura 19: Diagrama entidad relación del sistema

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4 RESULTADOS

Para la implementación del presente prototipo, se realizaron pruebas del sistema, donde se utilizaron 4 lectores RFID para obtener la lectura de las zonas de expedición, recepción y etiquetado, donde se logra un 100% de lectura de etiquetas, siempre y cuando pasen bajo las antenas correspondientes.

4.1 INGRESO AL SISTEMA

El usuario abre la herramienta, donde el sistema toma el usuario de Windows, validando que el correo del usuario esté registrado en la base de datos, por lo tanto, si el acceso es válido procede a mostrar la pantalla principal.

Si el usuario está registrado y tiene permisos de usuario regular mostrará la siguiente pantalla como se muestra en la figura 20.

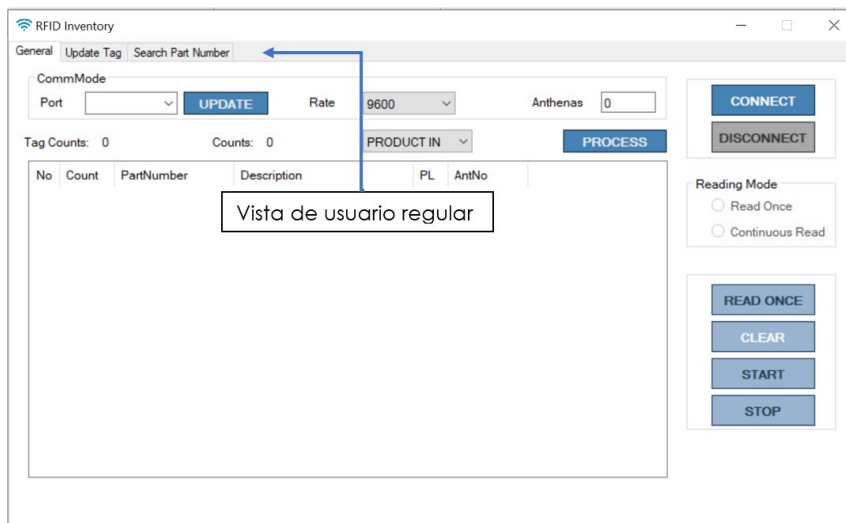


Figura 20: Vista de usuario regular

Si el usuario está registrado y tiene permisos de planeador mostrará la siguiente pantalla, desplegando la pestaña de forecast, además de las pestañas de usuario regular, como se muestra en la figura 21.

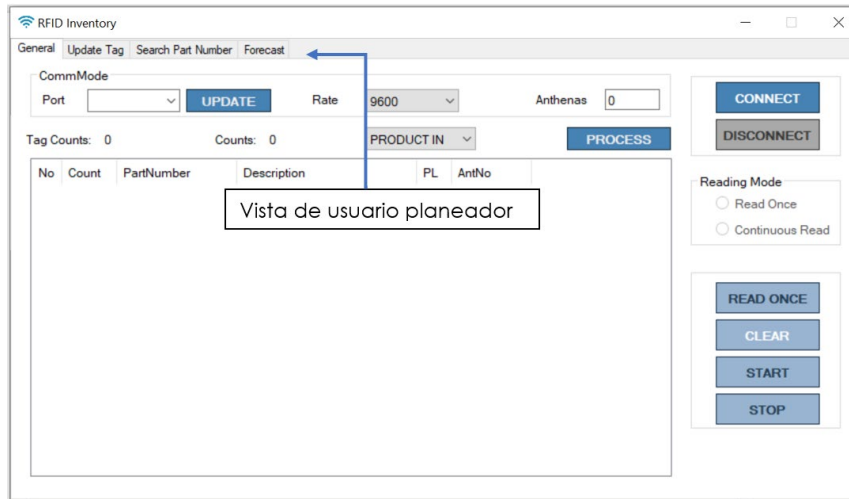


Figura 21: Vista de usuario planeador

Si el usuario no se encuentra registrado, el sistema despliega la siguiente pantalla como se muestra en la figura 22.

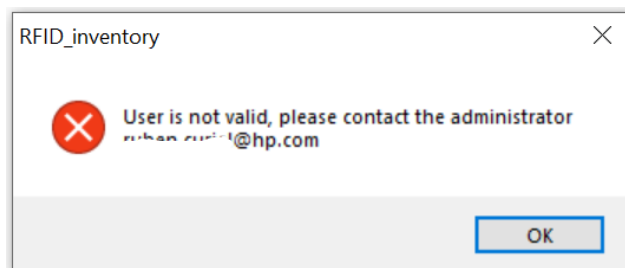


Figura 22: Usuario inválido

Para solicitar acceso a la herramienta será necesario enviar la solicitud por correo, solicitando acceso al gerente del área.

4.2 PANTALLA PRINCIPAL

Al iniciar el sistema RFID_Inventory se muestran distintas pestañas según los accesos del usuario. En la pestaña general es necesario configurar en que puerto se encuentran conectadas las antenas correspondientes, seleccionado el número de COM utilizado, y posteriormente presionar el botón de "Connect".

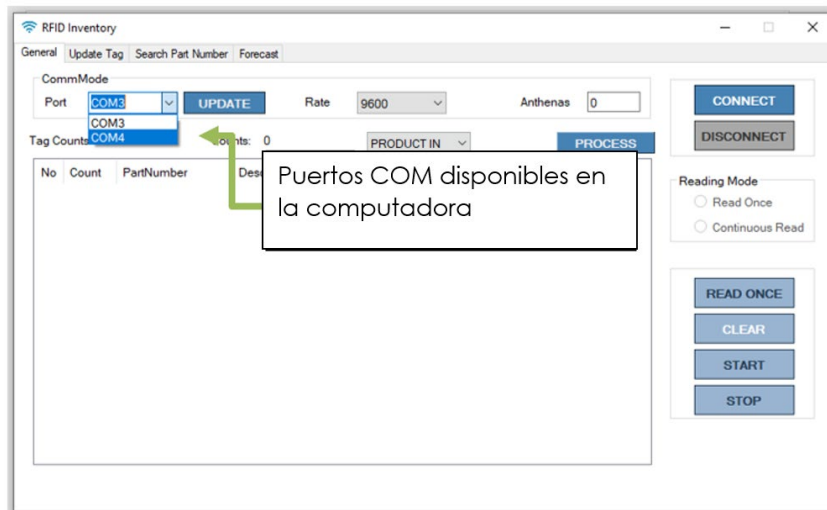


Figura 23: Puertos COM disponibles

En caso de que se presione el botón de "Connect", sin haber seleccionado un puerto COM, el sistema despliega la ventana con el siguiente mensaje:

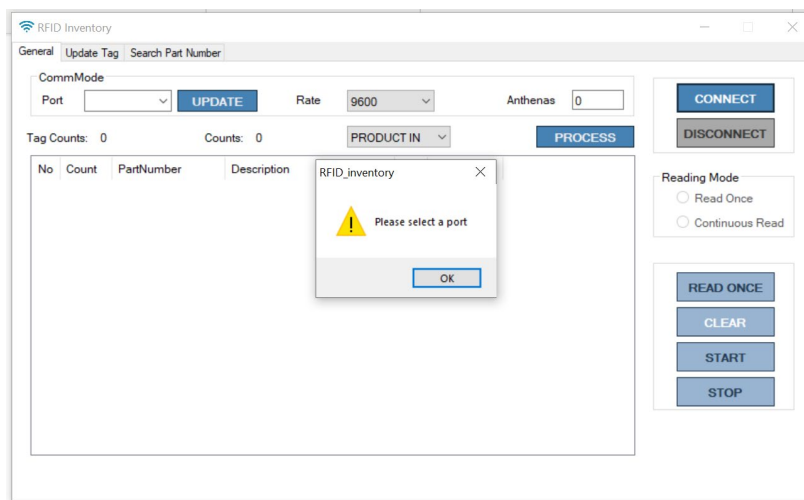


Figura 24: Puerto COM no seleccionado

Una vez seleccionado el puerto COM donde está conectada la antena, se selecciona la velocidad de comunicación serial, como se muestra en la figura 25.

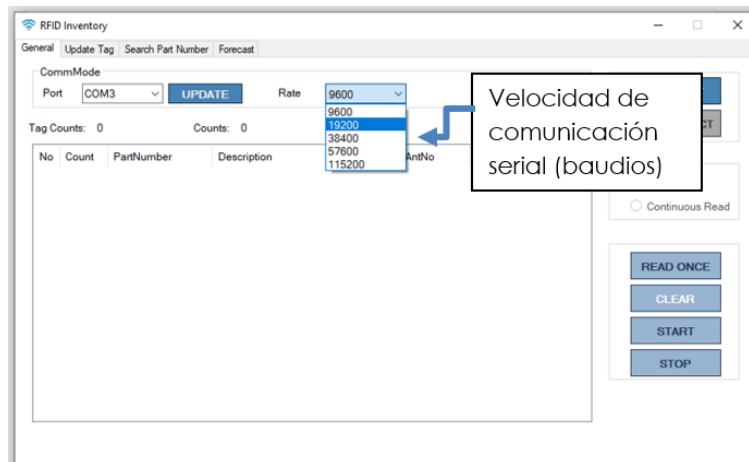


Figura 25: Velocidad de comunicación serial

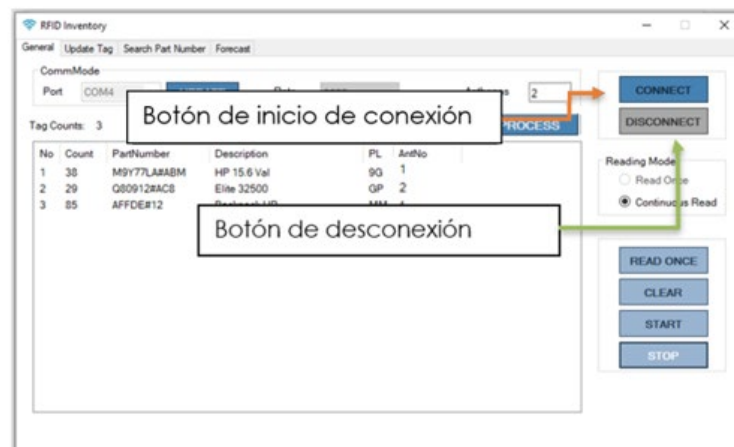


Figura 26: Botones de conexión/desconexión

En el sistema es posible realizar lecturas de 1 sola etiqueta o lectura continua, donde es utilizado el modo anticolisión, donde permite que varias etiquetas sean leídas al mismo tiempo, sin que la información colisione entre ellas.

Una vez activada la lectura continua, se presiona el botón "Start" ubicado de lado derecho inferior de la pantalla de inicio a partir de ese momento todo producto etiquetado que pasé bajo el arco correspondiente será leído por la antena.

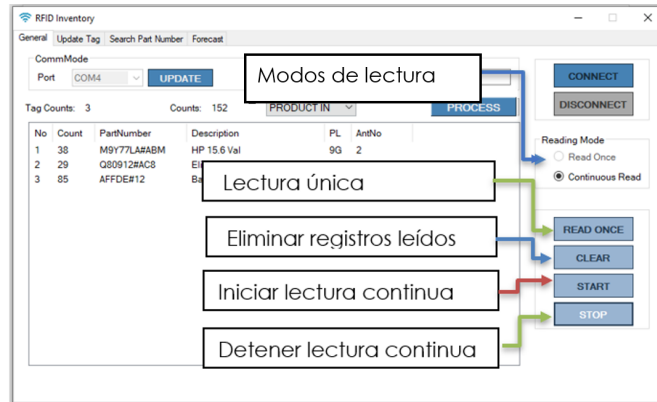


Figura 27: Modos de lectura

Una vez leído el material se procesa en el inventario, donde el sistema se encuentra configurado para procesar de manera distinta, dependiendo si es recepción o expedición de producto.

El producto es registrado en la base de datos después de presionar el botón de "Process", después de esta acción es posible validar la información directamente en la sección de consultas de material.

4.3 RECEPCIÓN DE MATERIAL

El sistema permite ingresar material nuevo, así como material registrado previamente, puesto que se realiza una validación en inventario como se explica a detalle en el anexo A.

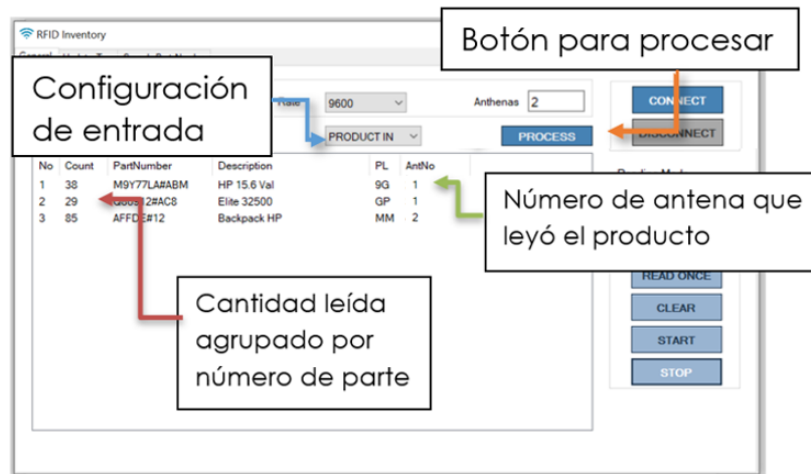


Figura 28: Recepción de material

- Si el número de parte está registrado, se actualiza la cantidad disponible en stock del inventario y se registran el EPC de cada número de parte.
- Si el número de parte no se encuentra registrado, se registra tanto en inventario general, como los EPC de cada producto.



Figura 29: Diagrama del algoritmo de entrada de producto

Es decir que el sistema valida si se trata de un número de parte que no se encuentra registrado previamente, para que sea dado de alta en la base de datos, registrando toda la información necesaria como se muestra en la figura 29.

En el sistema no se muestra el EPC de cada material, ya que está diseñado solo enlistar los materiales agrupándolos por número de parte, sin embargo, en sistema se registra toda la información del producto incluyendo el código EPC, esto permite que se tenga un registro por producto único y en las siguientes fases del proyecto poder identificar que material tiene más tiempo en almacén, o las ubicaciones específicas por producto.

En las siguientes imágenes se mostrará el caso donde un número de parte es registrado por primera vez, por lo tanto, no se encuentra en la lista de materiales disponibles como se muestra en la figura 30.

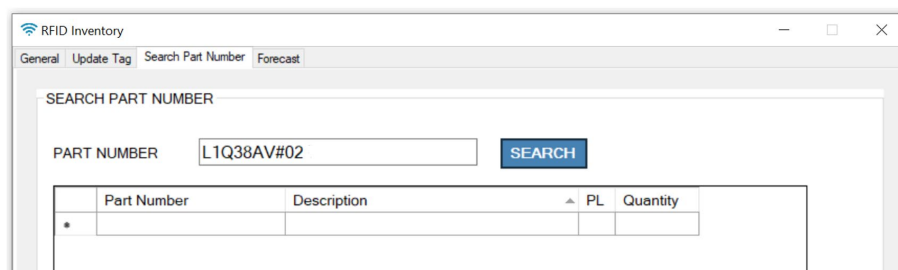


Figura 30: Material no registrado

Al procesar material nuevo en un arco de recepción, se registra en inventario, así como en los registros EPC de cada producto.

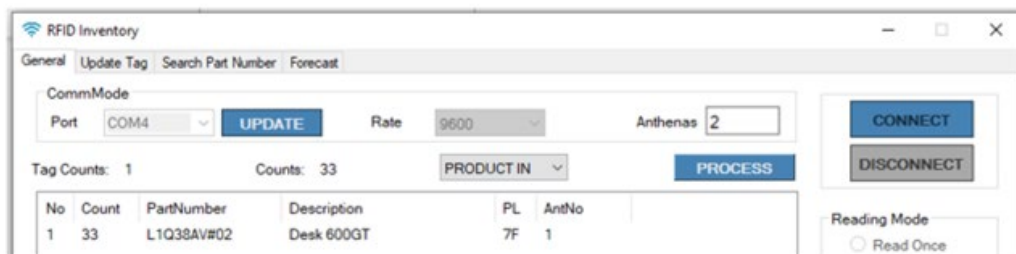


Figura 31: Entrada de material nuevo

Después de ser procesado, se encuentra disponible en la lista de material disponible como se muestra en la figura 32.

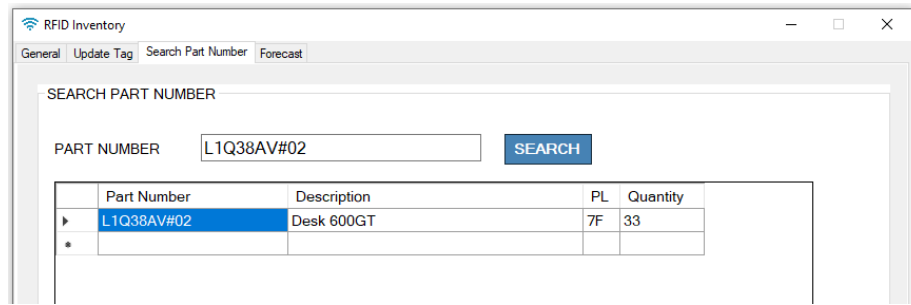


Figura 32: Actualización de material en inventario

Si el material leído ya se encuentra previamente registrado en el almacén, procede a actualizar la cantidad en inventario, y registrar cada EPC.

En la figura 33 se muestra que el material 8121-1080 se encuentra previamente registrado, con 14 piezas disponibles en inventario.

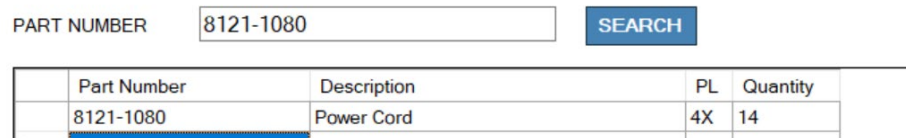


Figura 33: Material previamente registrado

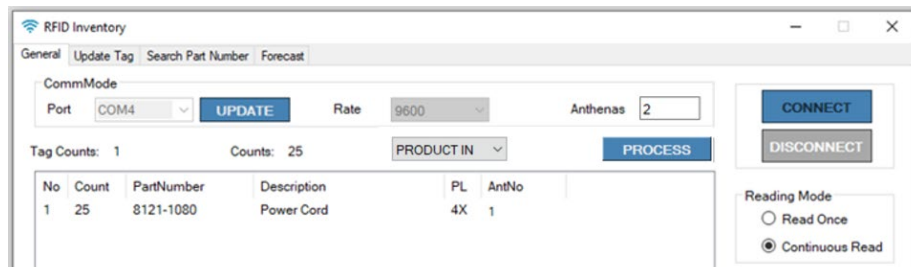


Figura 34: Entrada de material registrado

Al leer la entrada de un material que se encuentra registrado previamente, el sistema actualiza las piezas disponibles en inventario, como se muestra en la figura 35.

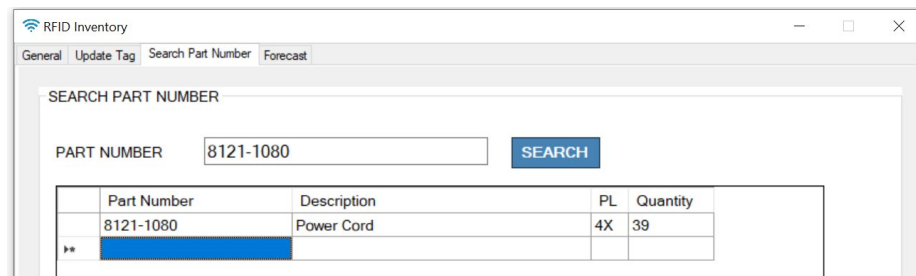


Figura 35: Actualización de inventario

Al recibir material previamente etiquetado, este sistema reduce el tiempo de contabilización de producto y registro de entrada en sistema, donde anteriormente se contabilizaba manualmente cada número de parte en el área de recepción, y se registra en Excel todo número de producto y la cantidad recibida.

Para el producto que no se recibe etiquetado, es necesaria la impresión de las etiquetas de cada producto, durante este proceso solamente se reduce el tiempo de registro de entrada en sistema, una vez que entra el material etiquetado bajo el arco de RFID.

Para la impresión de etiquetas ya se cuenta con un software, donde se selecciona el número de parte registrado y la cantidad a imprimir.

4.4 EXPEDICIÓN DE MATERIAL

El sistema permite controlar la expedición de producto, actualizando la cantidad de stock en el inventario y registrando en la base de datos, las salidas de los EPC del producto, como se muestra en el diagrama de flujo de la figura 37.



Figura 36: Salida de material



Figura 37: Diagrama del algoritmo de salida de material

En la figura 38 se muestra como el material Q80912#AC8 actualmente tiene 30 piezas disponibles en inventario.

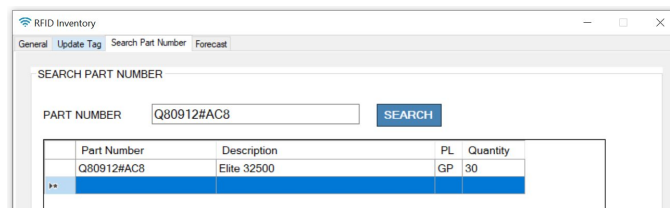


Figura 38: Cantidad actual en inventario

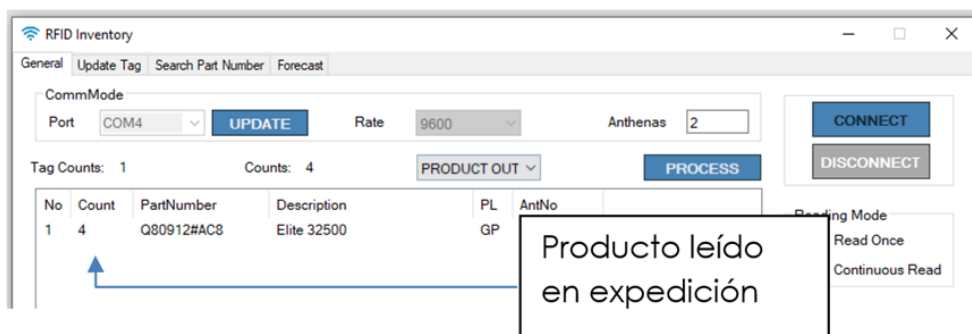


Figura 39: Lectura de salida de material

La cantidad leída en expedición es actualizada en el inventario, descontando la cantidad de materiales procesados en el arco como se muestra en la figura 39.

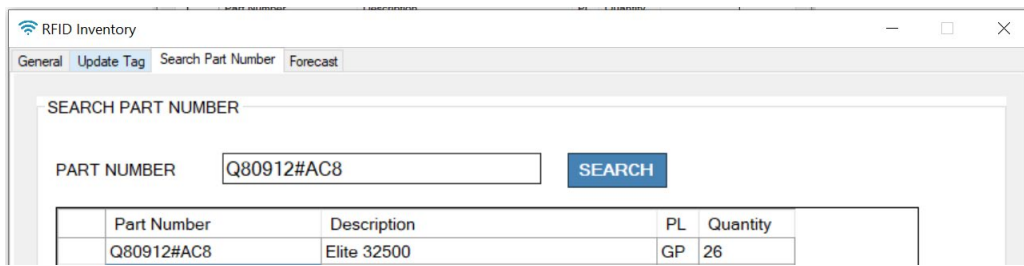


Figura 40: Actualización de inventario en expedición

Al expedir producto etiquetado, este sistema reduce el tiempo de contabilización de producto y registro en sistema de la salida de producto del almacén, donde anteriormente se contabilizaba manualmente cada número de parte en el área de expedición, registrando en Excel cada número de producto y la cantidad expedida.

Utilizando el prototipo de sistema RFID, permite tener un mejor control de inventario ya que cada producto que entra o sale del almacén es contabilizado por el sistema, reduciendo el error humano en la contabilización y registro.

4.5 BÚSQUEDA DE MATERIAL DISPONIBLE

El sistema permite consultar los productos registrados en almacén mostrando número de parte, descripción, PL, y stock disponible.

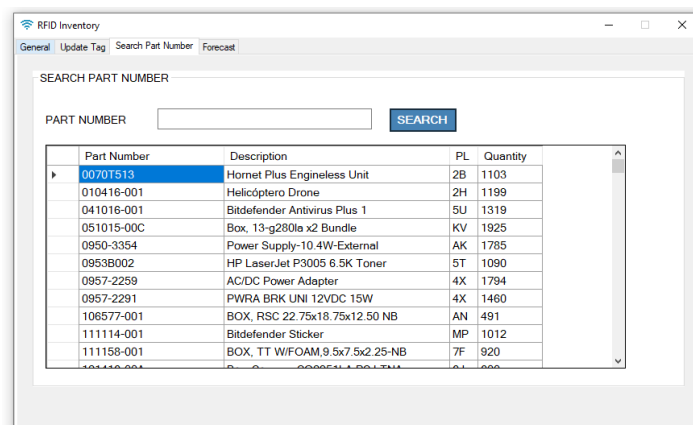


Figura 41: Inventario de productos

El campo de número de parte genera un autocompletado de los productos que coincidan con los datos ingresados, para que pueda ser más fácil la búsqueda.

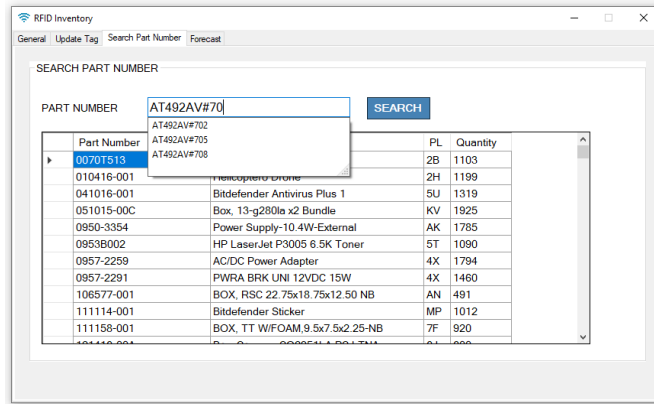


Figura 42: Autocompletado del número de parte enlistado

4.6 ACTUALIZACIÓN DE DATOS

El sistema permite actualizar los datos de una etiqueta, donde es posible modificar número de parte, descripción y/o PL.

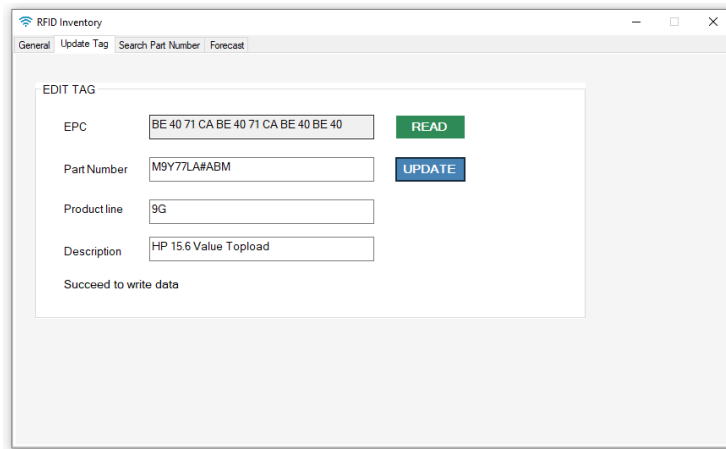


Figura 43: Pantalla de actualización

En esta sección es necesario leer los datos de la etiqueta, donde el sistema despliega los datos leídos.

El sistema valida que los nuevos datos ingresados sean válidos, antes de almacenar la información en la memoria.

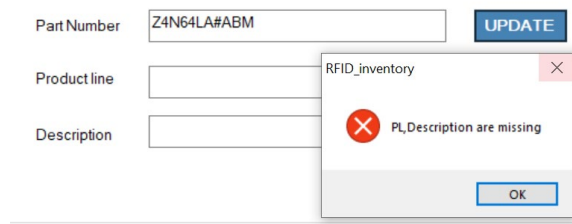


Figura 44: Datos inválidos

Si la escritura fue exitosa se despliega el mensaje "Succeed to write data" como se muestra en la figura 45.

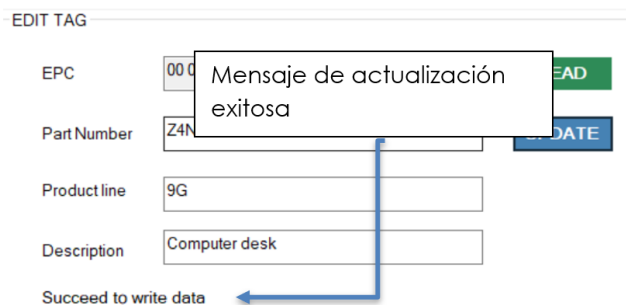


Figura 45: Actualización exitosa

Si la escritura tuvo algún problema al escribir en la etiqueta, se despliega el mensaje "Failed to write data" como se muestra en la figura 46.

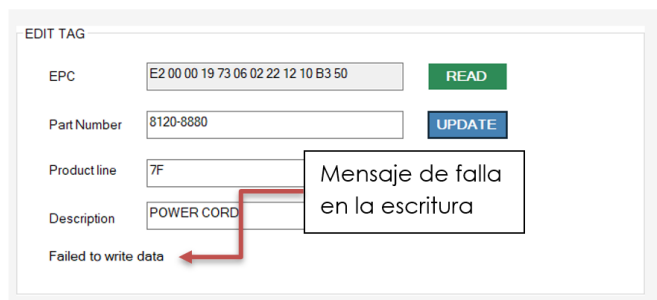


Figura 46: Falla durante la actualización

4.7 ENVÍOS AUTOMÁTICOS POR CORREO

El sistema envía correos automáticos, donde se informa de los materiales que están próximos a escasear, como se muestra en la figura 47.

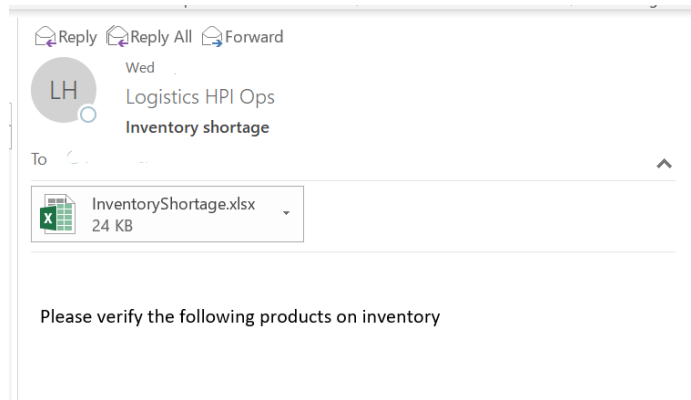


Figura 47: Envío de correo de notificación

4.8 GENERACIÓN DE PRONÓSTICOS

El sistema permite generar pronósticos por línea de producto, utilizando el método índice de variación estacional. Seleccionando las líneas de producto del registro de salidas del sistema.

Es necesario seleccionar la línea de producto (PL) que desee generar un pronóstico y presionar el botón de "generate" para generar el pronóstico y la gráfica, como se muestra en la figura 48.

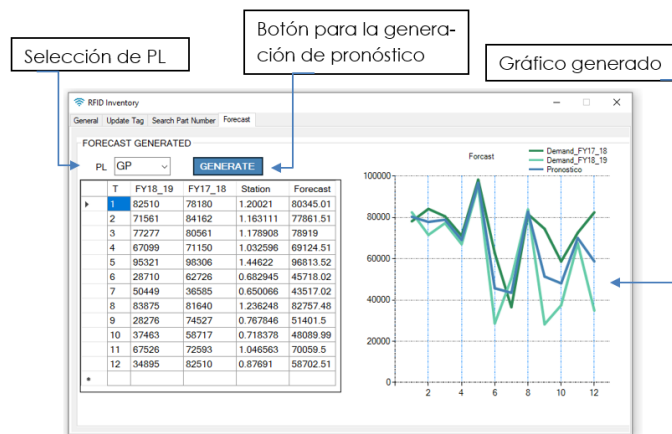


Figura 48: Descripción de la pantalla de pronósticos

Obteniendo la información de salidas de material, se agrupan los materiales por líneas de producto, utilizando el método de índice de variación estacional, se obtienen las

series de tiempo de los años anteriores, calculando el factor estacional y se genera el pronóstico del PL seleccionado como se muestra en la figura 49.

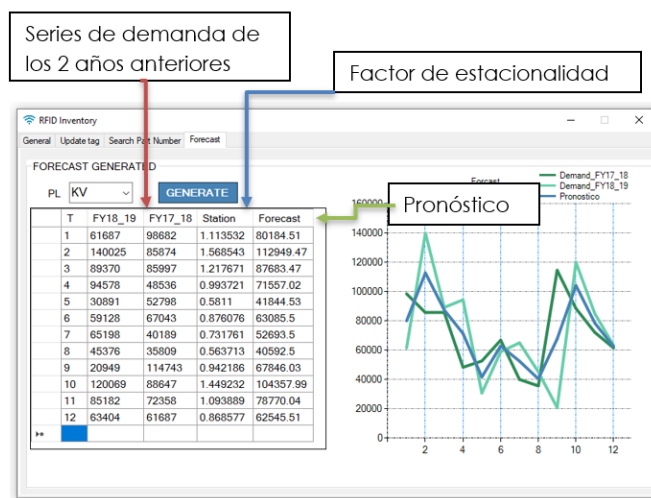


Figura 49: Descripción de la pantalla de pronósticos b

Los pronósticos son muy útiles e importantes en la gestión del control de inventario porque la información generada afecta de diferentes maneras a la operación, lo que permite saber cuánto producto recibirá, así como el personal que será necesario, mejorando la gestión de la operación, por lo que es necesario tener pronósticos adecuados para que los planeadores puedan prever la cantidad de productos que serán ingresados al almacén con tiempo, para tomar las acciones necesarias en la gestión.

4.9 CONJUNTO DE PRUEBAS DE VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO

En las siguientes tablas se puede observar los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al prototipo del sistema:

Tiempo de ejecución de la prueba: 10 días hábiles

Horario de ejecución de la prueba: 8:00am – 5:00pm

Lugar: Área de pruebas del almacén Ryder

En la tabla 2 se observan las lecturas en la semana 1, donde se muestran los distintos materiales leídos, así como su cantidad total

Tabla 2: Lecturas obtenidas en la semana 1

Semana 1				
Lecturas	Distinto producto leído	Contabilización manual	Contabilización RFID	Porcentaje registrado
Lecturas de entrada	553	277993	277993	100%
Lecturas de salida	1310	383088	383088	100%
Totales	1863	661081	661081	100%

En la tabla 3, se encuentran las lecturas obtenidas en la semana 2:

Tabla 3: Lecturas obtenidas en la semana 2

Semana 2				
Lecturas	Distinto producto leído	Contabilización manual	Contabilización RFID	Porcentaje registrado
Lecturas de entrada	623	342227	342227	100%
Lecturas de salida	1493	260050	260050	100%
Totales	2116	602277	602277	100%

La información anterior fue obtenida de la base de datos del sistema, con el cual se realiza el siguiente análisis:

En la semana 1, el total de lecturas fue de 661081 registros de EPC en el horario de 8 a 5, en la semana 2 se registraron 602277 lecturas, de manera adicional durante las 2 semanas se realizó la contabilización del material de manera manual para garantizar las lecturas fueran correctas, donde la cantidad de producto contabilizado de manera manual es la misma que fue registrada por el sistema RFID.

Por lo tanto, el 100% de las etiquetas fueron leídas y registradas correctamente, por lo que concluye que el nivel de precisión de la operación del sistema es confiable siempre y cuando se pase bajo los arcos correspondientes.

Cabe mencionar que se realizaron pruebas de la funcionalidad de actualización de las etiquetas, las cuales se realizaron de manera exitosa, sin embargo, durante este periodo no se dio el caso en que el sistema solicitara modificar alguna etiqueta.

En la tabla 4, se encuentran los datos del pronóstico obtenido en la herramienta, así como la demanda real de la línea de producto GP en el periodo 2019-2020.

Tabla 4: Comparación de resultados del PL GP

Pronóstico vs demanda real 2019-2020 PL:GP					
T	2018-2019	2017-2018	Pronós-tico	Demanda 2019-2020	MAPE
Jul	72593	95498	84045.5	84895	6.558248
Ago	82510	78180	80345	86284	6.452674
Sep	71561	84162	77861.5	74572	7.466107
Oct	77277	80561	78919	76758	7.253478
Nov	67099	71150	69124.5	63390	8.783128
Dic	95321	98306	96813.5	78849	7.061123
Ene	28710	62726	45718	53871	10.33511
Feb	50449	36585	43517	43067	12.92782

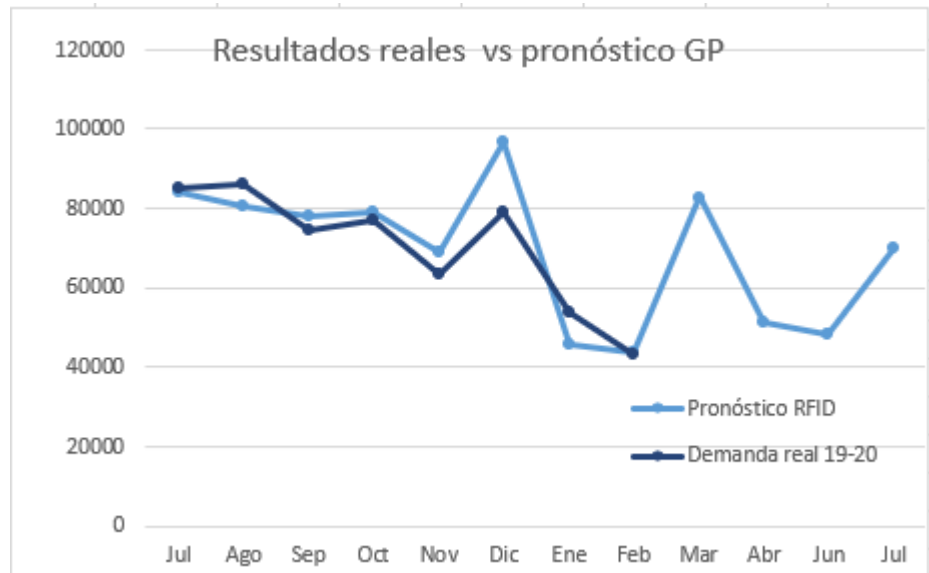


Figura 50: Comparativa entre el pronóstico y la demanda

En cuestión de generación de pronósticos se analizó la información que había sido generada en la herramienta en Julio 2019 utilizando la línea de producto GP, y la demanda real obtenida hasta el mes de marzo 2020, en el cual se obtiene que el pronóstico tiene un MAPE del 8%, el cual se considera bastante cercano a la demanda real obtenida ya que se adapta al comportamiento de la demanda, ya que el movimiento de este almacén tiene ciclos anuales.

CONCLUSIONES

Utilizando los resultados obtenidos de la implementación del prototipo de sistema de Inventario RFID en el área de pruebas se demuestra que se obtiene mayor eficiencia en el proceso de recepción y expedición, dado que reduce el tiempo de contabilización y el registro en sistema, ya que comparando con el proceso anterior donde el personal contabiliza y registra el producto en un archivo de Excel, donde puede tener errores en el registro ya que es un proceso manual. De la misma manera se automatiza la generación de pronósticos de demanda, utilizando los registros de salida del almacén.

En la tabla 5, se observa la comparación de los tiempos de ejecución de las actividades realizadas, mostrando las mejoras utilizando el prototipo.

Tabla 5: Tabla comparativa de los tiempos de ejecución de actividades sin el prototipo y con el prototipo.

Actividad	Tiempo en ejecución sin el prototipo	Tiempo de ejecución con del prototipo
Identificación, registro y contabilización de producto en la recepción.	4 a 5 horas	Con el apoyo del prototipo se redujo de 2.5 horas a 3.5 horas.
Registro y contabilización de producto en expedición.	2 a 3 horas	Con el apoyo del prototipo se redujo de 1 a 2 horas.
Lista de productos disponibles.	Se envía por correo 2 veces al día	El sistema muestra los productos en tiempo real.
Generación de pronósticos por PL.	2 horas (Mensual)	El sistema genera pronóstico inmediatos de cualquier PL.

Por lo que la hipótesis declarada es verdadera ya que la implementación del prototipo del sistema logra agilizar la identificación al realizarse de manera automática,

reduciendo el tiempo de contabilización y registros en la recepción en un 30% y expedición en 33%.

APORTACIÓN DE LA TESIS

Esta investigación busca contribuir a impulsar que otras empresas del entorno logístico conozcan las ventajas que ofrece la tecnología RFID en la cadena de suministro. Además, se pretende integrar modelos de pronósticos de demanda en inventarios que utilizan tecnología RFID, donde esta aportación radica en facilitar la planeación, puesto que, se pronostican las solicitudes de pedidos, el personal que será requerido y de la misma manera los ingresos. Los pronósticos logran apoyar en la gestión para planear la cantidad de personal necesaria, capital, inventarios y demás variables. Esta planeación genera un mejor uso de la capacidad del almacén, los empleados y de la atención a clientes.

APORTACIÓN SOCIAL DE LA TESIS

Durante esta investigación se pretende aumentar la eficiencia de la cadena de suministro, ya que con la integración de un sistema RFID, se logra mejorar la precisión del inventario puesto que, los registros de entradas y salidas de producto son más rápidos y precisos, reduciendo los tiempo de carga y descarga de producto, por lo que existe un aumento de productividad y rendimiento del personal, donde al reducir los errores de los procesos manuales se logra mejorar la calidad de información, optimizando los tiempos del control de inventarios, mejorando los servicios y la atención al cliente.

Con ello, se logra facilitar la gestión y la toma de decisiones en la planeación de pedidos, puesto que, al tener un inventario más preciso, se logra mejorar la planeación de las actividades en el almacén por lo que se prevenir las roturas de stock y acumulación de inventario no deseado, asimismo se obtiene la generación de pronósticos alineados a la demanda requerida en el almacén.

Al mejorar los servicios y atención al cliente, se tiene un impacto directo en los resultados de la empresa, donde se lograría aumentar los ingresos y reducir los errores de planeación, teniendo ganancias de tiempo, seguridad y eficacia.

RECOMENDACIONES

La siguiente fase de este proyecto consiste en configurar en cada muelle correspondiente al material de HP, de esta manera implementar el 100% de este diseño de sistema. Al implementar la colocación de antenas en todo el almacén, los empleados pueden escanear los anaqueles y gabinetes con el lector RFID para detectar automáticamente la ubicación de los artículos buscados. Permitiendo detectar artículos almacenados en la ubicación equivocada y alertar a los operadores con respecto al problema. De este modo se reduce el número de errores, se ahorraría mano de obra y se disminuyen los costos (35).

Como trabajo a futuro con el uso de lectores RFID es posible detectar cada producto por medio del EPC, por lo tanto, al diseñar la colocación estratégica de antenas RFID en todo el almacén se puede obtener la localización, el tiempo que lleva en cierta área del almacén, así como el registro del último movimiento de cada producto en tiempo real, esta funcionalidad podrá apoyar al equipo de picking para la preparación de pedidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARBA, L. "Historia de Ryder". Ryder. [Página Web] 2018. <https://mexico.ryder.com>. (Consultado en: Julio 2019.)
2. ROBERTI, M. y B.VIOLINO. "The History of RFID Technology". [Artículo En línea] , 2005. <https://www.rfidjournal.com/articles/view?1338> (Consultado en: Abril 2019.)
3. "Identification Friend or Foe (IFF)". [Página Web] 2018. <https://www.raytheon.com/capabilities/products/iff>. (Consultado en: Noviembre 2019.)
4. "Protocolos y estándares de UHF RFID". [Página Web] 2018. <http://trace-id.com/es/protocolos-estandares-uhf-rfid/>. (Consultado en: Mayo 2019.)
5. "¿Cual es el origen de la tecnologia RFID?". [Página Web] 2016. <https://telectronica.com/cual-es-el-origen-de-la-tecnologia-rfid/>. (Consultado en: Mayo 2019.)
6. "Servicios RFID". [Página Web] 2017. <http://www.logginet.com.ve/rfid.php>. (Consultado en: Mayo 2019.)
7. "UHF RFID Tag". [Imagen En línea] 2017. <https://www.amazon.com.mx/YARONGTECH-UHF-RFID-az9662-iso18000/dp/B01LYBKMYM?th=1>. (Consultado en: Junio 2019.)
8. WILLIAMS, J., MILES, S. y SANJAY., S. RFID technology and applications : Cambridge University Press, 2009. p 13-32
9. BANKS, J. RFID applied: John Wiley & Sons, Inc., 2007. p 276

10. SEPULVEDA, E. "Implementación de RFID en un almacén logístico". [Tesis En línea] 2018. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/114261/memoria-tfm-implementacio-n-rfid.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
(Consultado en: Agosto 2019.)
11. GARCIA, A. Almacenes, Planeación, Organización y Control. s.l. : Trillas, 2010. p 73-76
12. "Ganadores y perdedores con la tecnología RFID". [Página Web] 2015. <https://www.knowledgeatwharton.com.es/article/ganadores-y-perdedores-con-la-tecnologia-rfid/>.
(Consultado en: Mayo 2019.)
13. "La nueva arremetida de la tecnología rfid. Desde el centro de distribución a la tienda". [Página Web] 2018. <https://www.revistalogistec.com/index.php/equipamiento-y-tecnologia/gestion-de-almacenes/item/3402-la-nueva-arremetida-de-la-tecnologia-rfid-desde-el-centro-de-distribucion-a-la-tienda>.
(Consultado en: Mayo 2019.)
14. NAMBO, V. "Planeación de la demanda en la logística contemporánea". [Artículo En línea] 2013. <http://www.logisticamx.enfasis.com/articulos/67699-planeacion-la-demanda-la-logistica-contemporanea>.
(Consultado en: Mayo 2019.)
15. PEREZ, R., MOSQUERA, A. y J.BRAVO. Aplicación de modelos de pronósticos en productos de consumo masivo, Popayán : Scielo, 2012, Vol. 10, No 2, pag 117-125
16. "La importancia del forecast y su significado para la gestión ". [Página Web] 2016. <https://smarterworkspaces.kyocera.es/blog/importancia-forecast-gestion-demanda/>.
(Consultado en: Agosto 2019.)
17. ANAYA A. y LOPEZ I. La tecnología NFC en teléfonos celulares, sus retos y aplicaciones : Instituto Politécnico Nacional, 2014, Research in Computing Science, Vol. 77, No 1, p. 97–107.

18. GARCIA, L. y CANO, M. "Propuesta de mejoramiento de la gestión de la cadena de abastecimiento enfocada en la planeación de la demanda". 2013. [Tesis En línea] <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/10291>.
(Consultado en: Mayo 2019.)
19. PINZON, S. y G.ARROYO. Aplicación de modelos auto regresivos para la predicción de generación de energía eléctrica a partir de datos eólicos, Mexico : Instituto Politécnico Nacional, 2017, Research in Computing Science, Vol. 139, No 1, p. 59–70.
20. "Pronóstico de Demanda utilizando Variación Estacional". [Página Web] 2015. <https://www.gestiondeoperaciones.net/proyeccion-de-demanda/ejemplo-pronostico-de-demanda-utilizando-variacion-estacional/>.
(Consultado en: Julio 2019.)
21. RODRIGUEZ H., GARCIA N., FLORES J., MORALES L. y MANJARREZ G. Pronóstico a corto plazo de velocidad del viento a partir de datos incompletos. Mexico : Instituto Politécnico Nacional, 2017, Research in Computing Science, Vol. 139, No 1, p. 81–95.
22. VIDAL, C. Fundamentos de gestión de inventarios. Colombia : Santiago de Cali, 2003. p 30-34
23. BERENSON, M. Estadística básica en administración: conceptos y aplicaciones. Mexico : Prentice Hall, 1996. p 857-862
24. BILLAH, B., y otros. 2 : Exponential smoothing model selection for forecasting. Elsevier, 2006, International Journal of Forecasting, Vol. 22, No 1, págs. 239–247.
25. PRINS, J., CORMACK, D. MC y MICHELSON, D. "Engineering statistics handbook". NIST SEMATECH. [Página Web] 2013. <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pmc/section4/pmc435.htm>.
(Consultado en: Junio 2019.)

26. "Antena UHF RFID Pasiva". [Imagen En línea] 2017.

https://www.amazon.com.mx/distancia-frecuencia-wiegand26-UHF-integrado-estacionar/dp/B01M2TT4LE/ref=sr_1_3?__mk_es_MX=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&keywords=UHF+rfid+reader&qid=1573690855&sr=8-3.

(Consultado en: Diciembre 2018.)

27. "Guía para escoger la antena RFID UHF más adecuada". [Página Web] 2016.

<https://www.fqingenieria.com/es/conocimiento/guia-para-escoger-la-antena-rfid-uhf-mas-adecuada-114>.

(Consultado en: Mayo 2019.)

28. "Male to Female RS232 Extension Serial Cable" [Imagen En línea] 2017.

<https://www.amazon.com/Female-Extension-RS232-Serial-Cable/dp/B06XSM8WYC>.

(Consultado en: Octubre 2019)

29. "Port USB to Serial RS232 Adapter". [Imagen En línea] 2012.

https://www.amazon.com/StarTech-com-USB-Serial-Adapter-Hub/dp/B009AT5TB2/ref=sr_1_13?keywords=usb%2BrS232%2Bport%2B8&qid=1574489824&sr=8-13&th=1.

(Consultado en: Diciembre 2019.)

30. "UHF RFID tags". AliExpress. [Imagen En línea] 2018.

https://es.aliexpress.com/item/32833667797.html?dp=rolcattric.ca&aff_platform=link-c-tool&cpt=1573692564136&sk=sfyax8A4&aff_trace_key=fafd15e25fa3444d9140e8a9a6848a10-1573692564136-04406-sfyax8A4&terminal_id=ea94b51f73a1410fb9bee6c195bd6405.

(Consultado en: Diciembre 2019.)

31. "EPC Gen 2 Class 1 UHF ya es un estándar ISO: 18000-6C". [Artículo En Línea] 2006.

<http://www.rfid-spain.com/articulo/27262/rfid/epc-gen-2-class-1-uhf-ya-es-un-estandar-iso-18000-6c>.

(Consultado en: Junio 2019.)

32. "What is RFID EPC Gen2 Extended Data". Intellifi. [Imagen En línea] 2018.
<https://intellifi.zendesk.com/hc/en-us/articles/360007800113-What-is-RFID-EPC-Gen2-Extended-Data>.
(Consultado en: Mayo 2019.)
33. LARA, J. "Diseño e implementación de un sistema basado en la tecnología rfid para el control de inventario de la empresa milboots". [Tesis En línea] 2008.
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/594/1/T-ESPE-017565.pdf>.
(Consultado en: Octubre 2019.)
34. "Impresora Térmica de 4 pulgadas". Toshiba. [Imagen En línea] 2016.
<https://www.toshibatec-tsis.com/B-EX4T1.html>.
(Consultado en: Junio 2019.)
35. QUISPE, K. "Implementación de un sistema RFID para mejorar la productividad de una planta de producción de vidrio templado". [Tesis en línea] 2017.
http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/6290/Quispe_vk.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
(Consultado en: Mayo 2019.)
36. KIMALDI, L. "Ventajas de la tecnología RFID". [Página Web] 2017.
https://www.kimaldi.com/blog/rfid/ventajas_de_la_tecnologia_rfid/.
(Consultado en: Julio 2019.)

ANEXO A

Aplicación de estándar IEEE 830 para la especificación de requerimientos.

1. Introducción

1.1. Propósito

El presente documento tiene como propósito definir las especificaciones funcionales y no funcionales del prototipo de sistema con el propósito de lograr de administrar el inventario del almacén con tecnología RFID.

1.2. Ámbito del sistema

Definiremos el sistema como Inventario RFID, que consiste en una aplicación de escritorio que permita al alta, baja, modificaciones y consulta de material. Además de la generación de pronósticos mensuales en base a la línea de producto.

Este sistema será beneficioso para la empresa Ryder ya que permite una experiencia ágil, sencilla y visual, en el control de inventario.

La aplicación de escritorio será diseñada para dispositivos con SO Windows ya que es un medio común para ser distribuido, con facilidades de uso y logra ser atractivo para el usuario.

El inventario de materiales tendrá las siguientes funciones:

- Iniciar sesión si se encuentra registrado el usuario.
- Dar de alta producto etiquetado.
- Dar de baja producto etiquetado.
- Modificar la información de la etiqueta del producto.
- Mostrar productos en inventario.
- Consultar cantidad de producto disponible de producto registrado.
- Generar pronósticos mensuales con base en la línea de producto.
- El sistema no mostrará la ubicación en tiempo real.

- El usuario no podrá acceder a la herramienta, si no se encuentra registrado.
- El usuario no podrá acceder a la herramienta si no tiene conexión a la base de datos.

1.3. Definiciones, abreviaturas y acrónimos

Nombre	Descripción
Usuario	Persona que utilizará la aplicación de escritorio.
Sistema	Aplicación para controlar el inventario de producto
RFXXX	El estándar seguido para la descripción del identificador de cada requisito será de la siguiente manera: <ul style="list-style-type: none"> • R = Requisito. • F = Funcional. • XXX = secuencia de tres dígitos que servirá para la enumeración de cada requisito.
RNFXXX	El estándar seguido para la descripción del identificador de cada requisito no funcional será de la siguiente manera: <ul style="list-style-type: none"> • R = Requisito. • NF = No Funcional. • XXX = secuencia de tres dígitos que servirá para la enumeración de cada requisito no funcional.
BD	Base de datos
RFID	Identificación por radio frecuencia
SO	Sistema Operativo
IEEE	El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
ANSI	El Instituto Nacional Estadunidense de Estándares

1.4. Referencias

IEEE Recommended Practices for Software Requirements specification ANSI/IEEE 830 1998.

2. Descripción general

Desarrollar una aplicación de escritorio para el control de inventario utilizando tecnología RFID.

2.1. Perspectiva del producto

El Sistema de inventario RFID será un producto diseñado para trabajar en dispositivos con SO Windows, lo que permite que su uso sea amigable. El sistema se comunica con un lector RFID que realiza lecturas múltiples de etiquetas, registrando la información leída en la base de datos.

2.2. Funcionalidad del producto

En términos generales, el sistema de inventario RFID realiza las siguientes funciones:

- Iniciar sesión si se encuentra registrado el usuario.
- Dar de alta producto etiquetado.
- Dar de baja producto etiquetado.
- Actualizar la información del producto etiquetado.
- Mostrar producto activo en inventario.
- Consultar cantidad de producto disponible de material registrado.
- Generar pronóstico mensual por línea de producto.

o Iniciar sesión.

Se realizará una búsqueda, por medio de la información obtenida por el usuario, donde la BD validará el correo, de ser válido el usuario tendrá acceso al inventario RFID, teniendo funciones según el tipo de usuario.

o Dar de alta producto etiquetado.

Si el producto se encuentra etiquetado, será transportado bajo en arco RFID de entrada, donde el lector RFID se encargará de realizar las lecturas a todos los productos, donde será registrado en la BD.

o Dar de baja producto etiquetado.

El producto será recolectado y transportado bajo en arco RFID de salida, donde el lector RFID se encargará de realizar las lecturas a todos los productos que hayan pasado bajo el arco, y será removida la cantidad de la BD.

o **Actualizar producto etiquetado.**

Se seleccionará el producto a modificar, utilizando el lector RFID ubicado en el área de etiquetado donde se cambiará la información deseada de la etiqueta que desea modificar.

o **Consultar producto disponible.**

El sistema solicitará seleccionar un producto registrado en el inventario, el usuario lo selecciona y el sistema muestra la información del material.

o **Generar pronóstico mensual.**

Se generará un pronóstico mensual, graficando la demanda seleccionando la línea de producto, tomando como base, los datos históricos además de la información actual del inventario.

2.3. Características de los usuarios

Los usuarios de este sistema deben poseer una máquina con SO Windows 7 como mínimo.

El sistema debe ser gráfico, contando con una interfaz sencilla e intuitiva, el cual no se sea complicado de utilizar además de que cumpla las necesidades del usuario.

2.4 Restricciones

- La aplicación requiere conexión serial al lector RFID.
- La aplicación solo puede modificar una etiqueta a la vez.
- La aplicación puede tener interferencia de señales, por cuestiones del espectro electromagnético.
- Lenguajes y tecnologías en uso: C#, SQL, RFID.

- Las etiquetas pueden ser dañadas por agua, descargas estáticas e imágenes de alta potencia.
- La aplicación requiere de conexión a base de datos.
- Requiere .NET Framework 4.6.1 como mínimo.
- Conexión a red de HP (esto puede ser por medio de "HP Remote Access VPN connection" en equipos de HP, o "VPN Pulse en equipos de Ryder").
- La versión de Windows utilizada debe ser igual o mayor a la versión 7.

2.5 Suposiciones y dependencias

- Por políticas de la organización solo personal autorizado cuenta con acceso al almacén.
- Se asume que el personal recibe un entrenamiento del funcionamiento del sistema.
- Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema, los equipos deben de cumplir los requisitos indicados previamente.

2.6 Requisitos a futuro

- Implementación de antenas RFID en cada muelle de entrada y salida.
- Implementación de algoritmo de posicionamiento para la localización de producto en tiempo real, así como la colocación de antenas RFID por todo el almacén.

3. Requisitos específicos

3.1 Requisitos comunes de las interfaces

3.1.1 Interfaces de usuario

La interfaz que utilizará el usuario se compondrá de un conjunto de ventanas con menús, botones y listas. Esta interfaz será diseñada específicamente para el sistema presentado, este será desarrollado en C#, asimismo se busca que sea intuitivo y de fácil uso.

3.1.2 Interfaces de hardware

- Lector RFID.
- Computadora con SO Windows.
- Etiquetas RFID.
- Conector serial RS232.
- Impresora RFID.
- Teclado.
- Monitor.

3.1.3 Interfaces de software

- Sistema Operativo: Windows 7 como mínima versión.
- SQL server como motor de bases de datos

3.1.4. Interfaces de comunicación

El sistema y la base de datos se comunican, mediante protocolos estándares en internet, siempre que sea posible. El sistema y el lector RFID utilizan comunicación serial por medio de un conector RS232.

3.2. Requerimientos funcionales

3.2.0.1 Requerimientos Funcionales

Identificación del requerimiento:	RF001
Nombre del Requerimiento:	Iniciar Sesión
Descripción del requerimiento:	Se realizará una búsqueda, por medio de la información obtenida por el usuario, donde la BD validará el correo, de ser válido el usuario tendrá acceso al inventario RFID, teniendo funciones según el tipo de usuario.
Requerimiento NO funcional:	<ul style="list-style-type: none"> • RNF001 • RNF003 • RNF004 • RNF005 • RNF006
Prioridad del requerimiento: Alta	

Identificación del requerimiento:	RF002
Nombre del Requerimiento:	Consulta de producto
Descripción del requerimiento:	El sistema permitirá consultar los materiales que se encuentren almacenadas en la base de datos, mostrando número de parte, nombre del material, PL, stock disponible
Requerimiento NO funcional:	<ul style="list-style-type: none"> • RNF001 • RNF003 • RNF005 • RNF006
Prioridad del requerimiento: Alta	

Identificación del	RF003
---------------------------	-------

requerimiento:	
Nombre del Requerimiento:	Agregar producto etiquetado
Descripción del requerimiento:	<p>El sistema podrá agregar producto nuevo al sistema, después de haber sido leído, por medio del lector RFID ubicado en el arco de entrada.</p> <p>Si el material está previamente registrado, actualizará el valor de stock disponible, asimismo registra la información de los EPC.</p> <p>Si el material es no ha sido registrado previamente, se registra en la base de datos, además de registrar la información de los EPC.</p>
Requerimiento NO funcional:	<ul style="list-style-type: none"> • RNF001 • RNF003 • RNF004 • RNF005 • RNF006
Prioridad del requerimiento: Alta	

Identificación del requerimiento:	RF004
Nombre del Requerimiento:	Dar salida a producto etiquetado
Descripción del requerimiento:	El sistema podrá descontar producto del sistema, después de haber sido leído, por medio del lector RFID ubicado en el arco de salida
Requerimiento NO funcional:	<ul style="list-style-type: none"> • RNF001 • RNF003 • RNF004 • RNF005 • RNF006
Prioridad del requerimiento: Alta	

Identificación del requerimiento:	RF005
Nombre del Requerimiento:	Actualizar datos de un producto etiquetado
Descripción del requerimiento:	El sistema podrá cambiar la información de la etiqueta.
Requerimiento NO funcional:	<ul style="list-style-type: none"> • RNF001 • RNF003 • RNF004 • RNF005 • RNF006
Prioridad del requerimiento: Alta	

Identificación del	RF006
---------------------------	-------

requerimiento:	
Nombre del Requerimiento:	Generar pronóstico de demanda
Descripción del requerimiento:	El usuario podrá generar pronósticos de manera mensual, así como mostrar gráficas del pronóstico.
Requerimiento NO funcional:	<ul style="list-style-type: none"> • RNF001 • RNF003 • RNF004 • RNF005 • RNF006
Prioridad del requerimiento: Alta	

3.2.1. Requisito funcional 1

Iniciar sesión: El sistema realizará una búsqueda en la base de datos, validando el registro del usuario, así como el tipo de usuario.

3.2.2. Requisito funcional 2

Consulta de material: El sistema permitirá consultar los materiales que se encuentren almacenadas en la base de datos, mostrando número de parte, nombre del material, PL, stock disponible.

3.2.3. Requisito funcional 3

Agregar material: El sistema podrá agregar producto nuevo al sistema, después de haber sido leído, por medio del lector RFID ubicado en el arco de entrada.

Si el material está previamente registrado, actualizará el valor de stock disponible, asimismo registra la información de los EPC.

Si el material es no ha sido registrado previamente, se registra en la base de datos, además de registrar la información de los EPC.

3.2.4. Requisito funcional 4

Eliminar material: El sistema podrá descontar producto del sistema, después de haber sido leído, por medio del lector RFID ubicado en el arco de salida, asimismo registra la salida de los EPC.

3.2.5. Requisito funcional 5

Modificar material: El sistema podrá modificar la información de una etiqueta.

3.2.6. Requisito funcional 6

Generar pronósticos: El usuario podrá generar pronósticos de manera mensual, así como mostrar gráficas del pronóstico.

3.3. Requisitos no funcionales

3.3.0.1 Requerimientos No Funcionales.

Identificación del requerimiento:	RNF001
Nombre del Requerimiento:	Interfaz del sistema.
Descripción del requerimiento:	El sistema debe tener una interfaz de uso intuitiva y sencilla.
Prioridad del requerimiento:	Alta

Identificación del requerimiento:	RNF002
--	--------

Nombre del Requerimiento:	Información del sistema.
Descripción del requerimiento:	La interfaz debe tener una sección de contacto en caso de problemas o sugerencias
Prioridad del requerimiento: Alta	

Identificación del requerimiento:	RNF003
Nombre del Requerimiento:	Mantenimiento.
Descripción del requerimiento:	El sistema debe contar con la documentación adecuada, la cual sea fácil de actualizar.
Prioridad del requerimiento: Alta	

Identificación del requerimiento:	RNF004
Nombre del Requerimiento:	Notificaciones del sistema.
Descripción del requerimiento:	Los mensajes de notificación son enviados por el mismo sistema.

Identificación del requerimiento:	RNF005
Nombre del Requerimiento:	Desempeño
Descripción del requerimiento:	Garantizar el desempeño de la aplicación con un adecuado tiempo de respuesta, entre la aplicación y la base de datos. Donde los tiempos de respuesta serían <input type="checkbox"/> Tiempo de respuesta es inferior a los 5 segundos.
Prioridad del requerimiento: Alta	

Identificación del requerimiento:	RNF006
Nombre del Requerimiento:	Idioma del sistema en inglés.
Descripción del requerimiento:	La aplicación debe utilizar el idioma inglés.
Prioridad del requerimiento: Alta	

3.3.1 Restricciones de rendimiento

El sistema podrá ser utilizado las 24 horas del día.

El tiempo de respuesta de las funciones es inferior a los 5 segundos.

El sistema muestra el producto leído bajo el arco correspondiente después de presionar el botón de procesar, registrando los movimientos en la base de datos.

3.3.2 Restricciones de diseño

La implementación del desarrollo será un prototipo será designada al área de pruebas para el arco de recepción y expedición.

La aplicación puede tener interferencia de señales, por cuestiones del espectro electromagnético.

Las etiquetas pueden ser dañadas por agua, descargas estáticas e imanes de alta potencia.

La versión de Windows utilizada debe ser igual o mayor a la versión 7.

3.4 Atributos del sistema

3.4.1 Seguridad

Garantizar la confiabilidad, la seguridad y el desempeño del sistema informático a los diferentes usuarios, sin que se afecte el tiempo de respuesta.

3.4.2 Fiabilidad

La interfaz dispondrá de los productos registrados garantizando que la información que se muestre sea realmente la que se encuentra registrada.

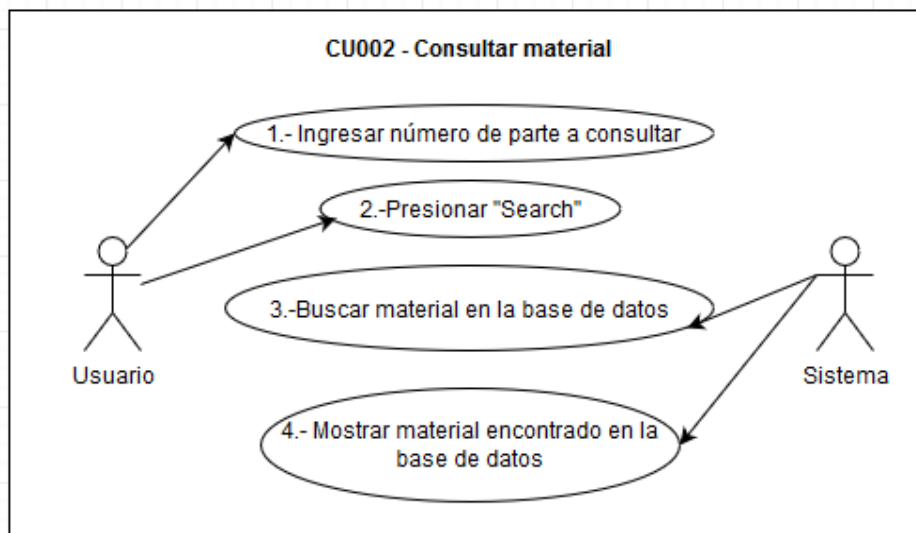
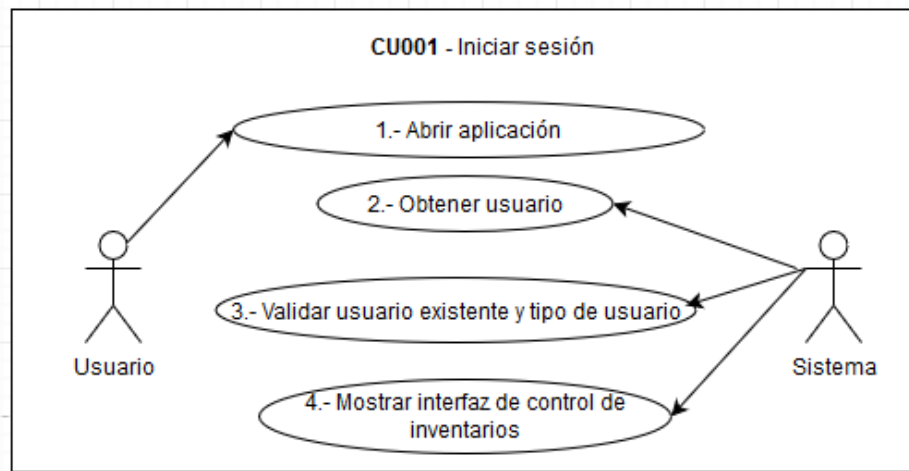
3.4.3 Disponibilidad

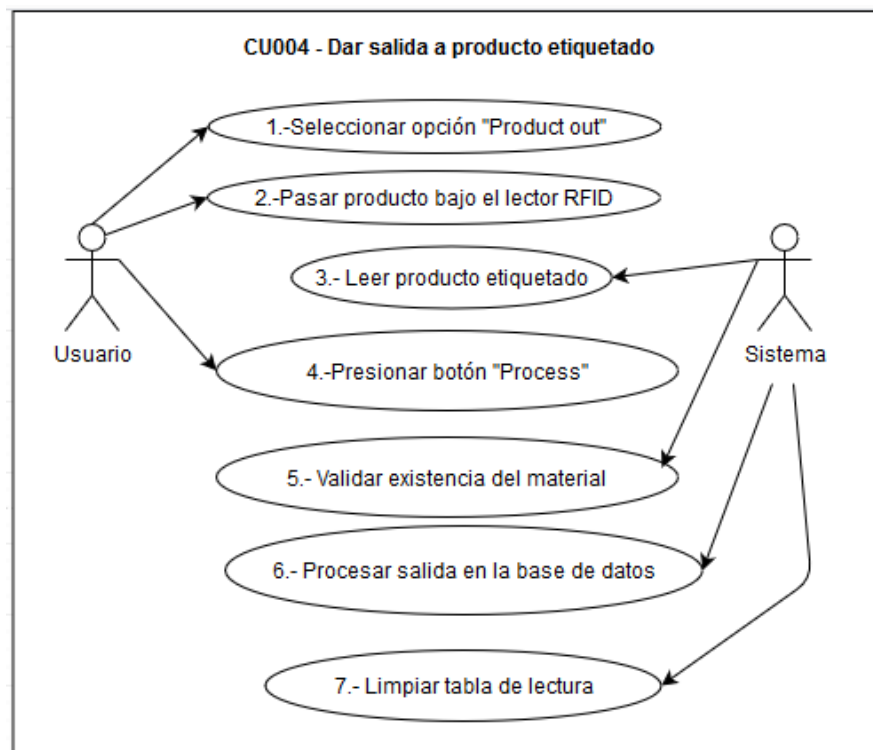
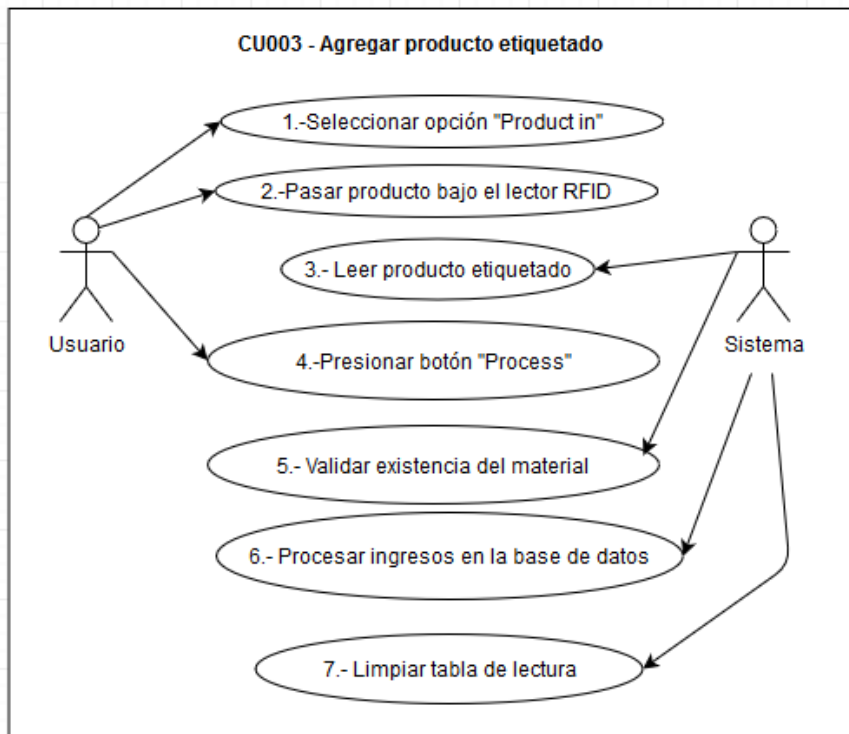
La disponibilidad del sistema debe ser continua con un nivel de servicio para los usuarios de 7 días por 24 horas, mientras no existan fallas en los elementos necesario del sistema.

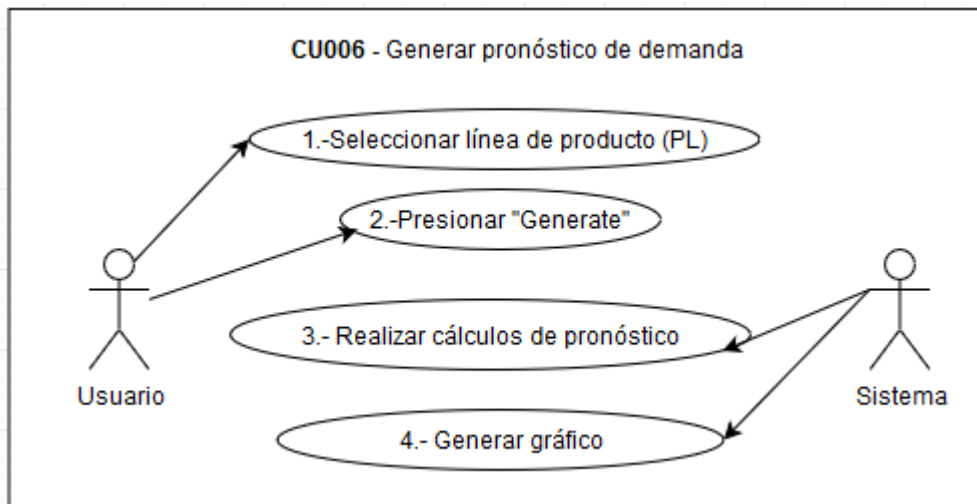
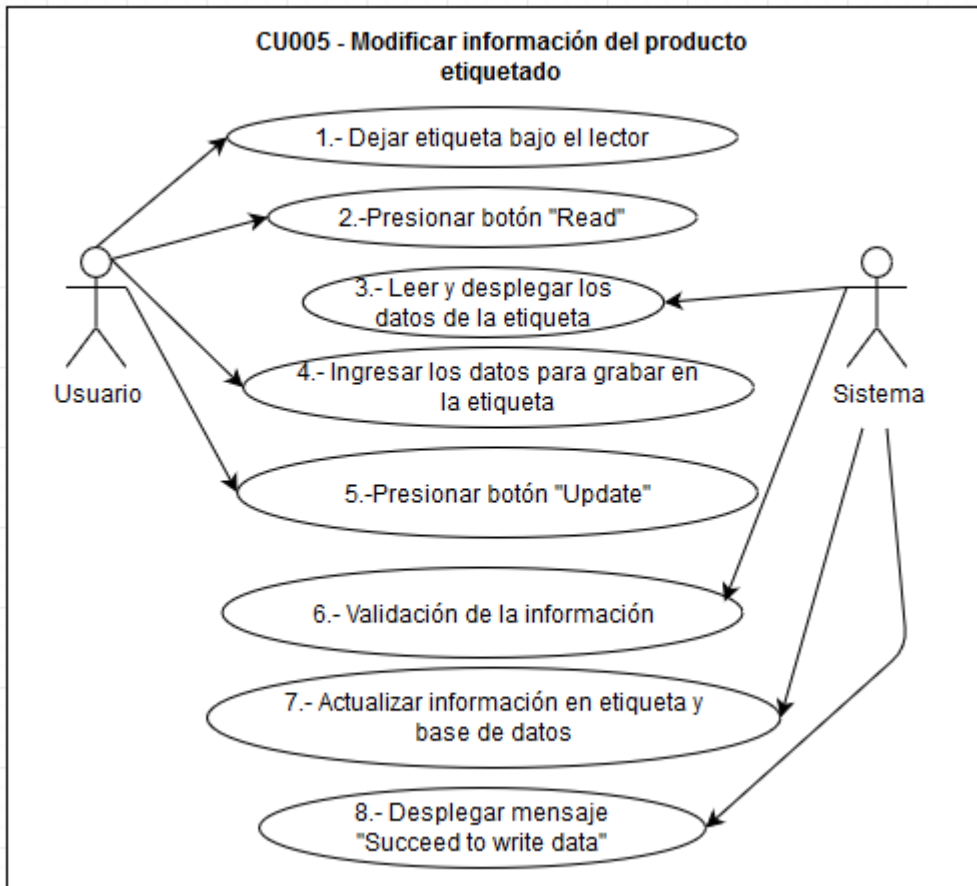
3.4.4 Mantenibilidad

El sistema dispondrá de una documentación fácilmente actualizable que permite realizar operaciones de mantenimiento con el menor esfuerzo posible.

Casos de uso







Tablas detalladas de casos de uso

Caso de Uso: CU001	
Código	CU001
Nombre	Iniciar Sesión
Descripción	El sistema realizará una búsqueda en la base de datos, validando al usuario y tipo de usuario
Prioridad: alta	Elaboró: Verónica Reyes
Actor Principal: Usuario	Actor Secundario: Sistema
Precondiciones	
1. El sistema RFID debe estar funcionando	
2. El usuario deberá tener conexión la base de datos	
3. El usuario deberá estar previamente registrado	
Postcondiciones	
1. El sistema mostrará la interfaz del inventario según el tipo de usuario	
2. El sistema estará listo para ser utilizado	

Sección de actividades

Curso normal de eventos	
Acciones de actor	Respuesta del sistema
1. Abrir aplicación	
	2. Extraer nombre de usuario de Windows
	3. Validar usuario y tipo de usuario
	4. Mostrar interfaz según el tipo de usuario
Curso alternativo de los eventos	
CA001: El usuario no está autorizado	
1. Abrir aplicación	
	2. Extraer nombre de usuario de Windows
	3. Validar usuario existente y su tipo de usuario
	4. Mostrar mensaje "User is not valid"
Excepciones	
E001: El sistema tiene un problema al conectarse a la base datos	
1. Abrir aplicación	
	2. Mostrar mensaje "Connection error"

Caso de Uso: CU002	
Nombre	Consultar material
Descripción	El usuario tendrá la posibilidad de consultar los materiales registrados en la base de datos
Prioridad: alta	Elaboró: Verónica Reyes
Actor Principal: Usuario	Actor Secundario: Sistema
Precondiciones	
1. El sistema debe estar funcionando	
2. El usuario deberá tener conexión la base de datos	
3. El usuario deberá haber iniciado sesión	
Postcondiciones	
1. El sistema mostrará la interfaz de control de inventario	

Sección de actividades

Curso normal de eventos	
Acciones de actor	Respuesta del sistema
1. Ingresar un material	
2. Presionar "Search"	
	3. Se obtiene la información completa del material seleccionado
	4. Despliega la información
Curso alternativo de los eventos	
CA003 1: El usuario no ingresa ningún material	
1. No ingresar un material	
2. Presionar "Search"	
	3. Se obtiene la información completa de todos los materiales
	4. Despliega la información de todos los materiales
CA003 2: El usuario ingresa un material no registrado	
1. Ingresar material	
2. Presionar "Search"	
	3. No despliega información
Excepciones	
E003: El sistema tiene un problema al conectarse a la base de datos	
1. Ingresar un material	
2. Presionar "Search"	
	3. Mostrar mensaje "Connection error"

Caso de Uso: CU003

Nombre	Agregar material etiquetado	
Descripción	El usuario podrá añadir material etiquetado al inventario	
Prioridad: alta	Elaboró: Verónica Reyes	
Actor Principal: Usuario	Actor Secundario: Sistema	
Precondiciones		
1. El sistema RFID debe estar funcionando		
2. El usuario deberá tener conexión la base de datos		
3. El usuario deberá haber iniciado sesión		
4. El material debe estar etiquetado		
Postcondiciones		
1. El sistema mostrará la interfaz del inventario		
2. El sistema actualizará la cantidad en stock según las actividades		

Sección de actividades

Curso normal de eventos	
Acciones de actor	Respuesta del sistema
1. Seleccionar la opción de ingreso de material	
2. Pasar producto bajo el lector RFID de entrada	
	3. Lee el producto etiquetado
4. Presionar botón procesar	
	5. Validar existencia del material
	6. Procesar ingresos en la base de datos y registros de EPC
	7. Limpiar la tabla de ingreso
Curso alternativo de los eventos	
CA003: El usuario inserta un material previamente registrado	
1. Seleccionar la opción de ingreso de material	
2. Pasar producto bajo el lector RFID de entrada	
	3. Lee el producto etiquetado
4. Presionar botón procesar	
	5. Validar existencia del material
	6. Procesar actualización en stock y registros de EPC
	7. Limpiar la tabla de ingreso

Excepciones

E003: El sistema tiene un problema al conectarse a la base datos	
1. Seleccionar la opción de ingreso de material	
2. Pasar producto bajo el lector RFID de entrada	
	3. Lee el producto etiquetado
4. Presionar botón procesar	
	3. Mostrar mensaje "Connection error"

Caso de Uso: CU004	
Nombre	Dar salida a producto etiquetado
Descripción	El usuario podrá dar salida a material de la base de datos
Prioridad: alta	Elaboró: Verónica Reyes
Actor Principal: Usuario	Actor Secundario: Sistema
Precondiciones	
1. El sistema RFID debe estar funcionando	
2. El usuario deberá tener conexión la base de datos	
3. El usuario deberá haber iniciado sesión	
4. El usuario deberá haber registrado el material previamente	
Postcondiciones	
1. El sistema mostrará la tabla de lectura limpia	
2. La cantidad de producto habrá sido descontado del inventario total	

Sección de actividades

Curso normal de eventos	
Acciones de actor	Respuesta del sistema
1. Seleccionar la opción de "Product out"	
2. Pasar producto bajo el lector RFID de entrada	
	3. Lee el producto etiquetado
4. Presionar botón procesar	
	5. Validar existencia del material
	6. Procesar salidas en la base de datos
	7. Limpiar la tabla de lectura
Curso alternativo de los eventos	
CA004: El usuario intenta dar salida a producto no registrado	
1. Seleccionar la opción de "Product out"	
2. Pasar producto bajo el lector RFID de entrada	
	3. Lee el producto etiquetado
4. Presionar botón procesar	
	5. Validar existencia del material
	6. Mostrar mensaje "Product is not registered"

Excepciones	
E004: El sistema tiene un problema al conectarse a la base datos	
1. Seleccionar la opción de "Product out"	
2. Pasar producto bajo el lector RFID de entrada	
	3. Lee el producto etiquetado
4. Presionar botón procesar	
	5. Validar existencia del material
	3. Mostrar mensaje "Connection error"

Caso de Uso: CU005	
Nombre	Actualizar datos de un producto etiquetado
Descripción	El usuario podrá cambiar la información de producto etiquetado.
Prioridad: alta	Elaboró: Verónica Reyes
Actor Principal: Usuario	Actor Secundario: Sistema
Precondiciones	
1. El sistema RFID debe estar funcionando	
2. El usuario deberá tener conexión la base de datos	
3. El usuario deberá haber iniciado sesión	
Postcondiciones	
1. El sistema mostrará la interfaz de modificación	
2. El material ya habrá sido modificado	

Sección de actividades

Curso normal de eventos	
Acciones de actor	Respuesta del sistema
1. Dejar la etiqueta bajo el lector	
2. Presionar botón "Read"	
	3. Leer y desplegar información del material
4. Ingresar los datos a modificar	
5. Presionar botón "Update"	
	6. Validar los datos
	7. Realizar actualización la base de datos y en la etiqueta
	8. Desplegar mensaje "Succeed to write data "
Curso alternativo de los eventos	
CA005: El usuario ingresa datos inválidos	
1. Dejar la etiqueta bajo el lector	
2. Presionar botón "Read"	
	3. Leer y desplegar información del material
4. Ingresar los datos a modificar	
5. Presionar botón "Update"	
	6. Validar los datos
	7. Mostrar mensaje indicando que dato es inválido

Excepciones	
E005: El sistema tiene un problema al conectarse a la base datos	
1. Dejar la etiqueta bajo el lector	
2. Presionar botón "Read"	
	3. Leer y desplegar información del material
4. Ingresa los datos a modificar	
5. Presionar botón "Update"	
	6. Mostrar mensaje "Connection error"

Caso de Uso: CU006	
Nombre	Generar pronóstico de demanda
Descripción	El usuario podrá generar pronósticos de manera mensual, así como mostrar gráficas del pronóstico.
Prioridad: alta	Elaboró: Verónica Reyes
Actor Principal: Usuario	Actor Secundario: Sistema
Precondiciones	
1. El usuario debe estar registrado	
1. El usuario debe tener vista de planeador o administrador	
2. El usuario deberá tener conexión la base de datos	
Postcondiciones	
1. El sistema mostrará la interfaz de pronósticos con la tabla y gráfica.	

Sección de actividades

Curso normal de eventos	
Acciones de actor	Respuesta del sistema
1. Seleccionar línea de producto (PL)	
2. Presionar "Generate"	
	3. Realizar cálculos de pronóstico
	4. Generar gráfico
Excepciones	
E006: El sistema tiene un problema al conectarse a la base datos	
1. Seleccionar línea de producto (PL)	
2. Presionar "Generate"	
	3. Mostrar mensaje "Connection error"