

E.T.S. de Ingeniería Industrial, Informática y de  
Telecomunicación

Estudio de implantación de sistema de  
trazabilidad RFID en el proceso productivo de  
Tasubinsa



Grado en Ingeniería  
en Tecnologías de Telecomunicación

Trabajo Fin de Grado

Pablo Garde Paniagua

Francisco Falcone, Jose Javier Astráin

Pamplona, 30 de Junio de 2016



## Contenido

<b>Resumen</b>	<b>4</b>
<b>Abstract</b>	<b>5</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>6</b>
<b>2. Fundamentos</b>	<b>8</b>
I. Frecuencias de funcionamiento	8
II. Estándares	11
III. Conectividad	12
<b>3. Motivación y estado del arte</b>	<b>13</b>
I. Comparación entre tecnologías de radiofrecuencia y código de barras	15
II. Ventajas de la identificación por radiofrecuencia	16
<b>4. Antecedentes</b>	<b>17</b>
<b>5. Aspectos de seguridad, privacidad y confidencialidad</b>	<b>18</b>
I. Aspectos de seguridad	18
II. Medidas de seguridad para las etiquetas	20
III. Medidas de seguridad para la comunicación radio	20
IV. Medidas de seguridad para el lector	20
<b>6. Requisitos del proyecto</b>	<b>21</b>
<b>7. Descripción del sistema de trazabilidad</b>	<b>22</b>
<b>8. Tecnología RFID</b>	<b>23</b>
I. Arquitectura	25
II. Tipos de tags RFID	26
a. Tags pasivos	26
b. Tags activos	28
c. Tags semi-pasivos	29
d. Comparativa	29
III. Componentes	29
Etiquetas (Transpondedor)	29
Lector Impinj Speedway Revolution r420	30
4 antenas UHF CSL CS771-1	30
Un PC corriendo el software	31
Base de datos (Microsoft SQL)	31
ERP	32
Impresora SATO CL4NX	32
<b>9. Análisis DAFO</b>	<b>33</b>

<b>Fortalezas</b>	<b>33</b>
<b>Debilidades</b>	<b>34</b>
<b>Oportunidades</b>	<b>35</b>
<b>Amenazas</b>	<b>35</b>
<b>10. Base de datos</b>	<b>36</b>
<b>11. Configuración del lector</b>	<b>37</b>
<b>12. Configuración de las antenas</b>	<b>38</b>
<b>13. Software</b>	<b>40</b>
<b>I. Como ejecutar el software</b>	<b>40</b>
<b>II. Librerías</b>	<b>40</b>
<b>III. Desarrollo del software</b>	<b>41</b>
a. Clase LectorImpinj.java	42
b. Clase SampleProperties.java	50
c. Clase TagReportListenerImplementation.java	50
<b>14. Pruebas de medida</b>	<b>55</b>
<b>I. Primeras medidas con analizador de espectros sobre una mesa</b>	<b>55</b>
a. Medidas en línea recta	55
b. Medidas sobre una matriz	56
<b>II. Medidas realizadas en la zona de carga donde se va a colocar las antenas</b>	<b>58</b>
a. Interferencias detectadas	58
b. Niveles de potencia recibida en diferentes puntos del muelle	58
c. Niveles de potencia recibida sobre cajas de polipropileno	59
d. Otras pruebas de medida	60
<b>15. Presupuesto</b>	<b>61</b>
<b>16. Conclusiones y futuras implementaciones</b>	<b>62</b>
<b>17. Anexos</b>	<b>64</b>
Antena CS-771	64
Lector Impinj R420	65
Impresora Sato CL4NX	66
<b>Etiquetas utilizadas para las pruebas de medida y desarrollo del software</b>	<b>67</b>
<b>18. Referencias bibliográficas</b>	<b>68</b>

## Resumen

La tecnología de RFID es un sistema de auto identificación inalámbrico, el cual consiste de etiquetas que almacenan información y lectores que pueden leer estas etiquetas a distancia. La tecnología RFID está siendo adoptada cada vez por más industrias debido a que su costo es cada vez menor y sus capacidades son mayores. Esto permite generar grandes beneficios como incrementos en la productividad y administración principalmente en los sectores de cadenas de suministro, transporte, seguridad y control de inventarios.

En este proyecto, se hace un estudio de la tecnología de RFID, se exploran sus capacidades, se plantean sus ventajas sobre otras tecnologías de auto identificación y los elementos que intervienen en un proyecto de este tipo. En este caso se propone un caso de estudio orientado hacia el control de salidas y entradas de material y producto terminado en el muelle de carga de Tasubinsa con tecnología RFID. Para ello se han utilizado 4 antenas UHF, un lector conectado a las 4 antenas y un PC corriendo el software conectado en red con el lector, el cual se encarga de procesar las lecturas de las etiquetas e insertarlas en la base de datos de Tasubinsa.

## Abstract

RFID technology is a wireless identification technology that consists of tags that can store data and readers that can get this data . RFID technology is being adopted by more industries due to its capabilities and its low cost. It brings many benefits, like productivity increases and ease of management mainly in the supply chain, transportation, security and inventory management sectors.

In this project, a study of RFID technology is, its capabilities are explored, raised its advantages over other technologies of self-identification and the elements involved in a project of this type. In this case a case of control-oriented outputs and inputs of material and finished products at the loading dock Tasubinsa with RFID technology proposed study. To do this, we used 4 antennas UHF, a reader connected to the 4 antennas and a PC running the software networked to the reader, which is responsible for processing the readings of the tags and insert them into the database Tasubinsa .

## 1. Introducción

En términos generales, la tecnología RFID (“Radio Frequency IDentification”) permite la identificación de objetos de forma inalámbrica, sin necesidad de que exista entre el lector y el objeto contacto o línea de visión directa, requisito indispensable para otras tecnologías como la lectura laser de códigos de barras. Esta identificación se realiza mediante la incorporación o fijación de un transpondedor al objeto (“tag”), el cual transmite los datos que contiene cuando detecta que está siendo interrogado por un lector RFID.

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

Sin embargo, aunque la aplicación natural de esta tecnología sea dentro de la cadena de producción y distribución, diariamente aparecen nuevas aplicaciones y oportunidades de negocio alrededor de las distintas variantes de esta tecnología de identificación y su combinación con otras tecnologías. Aplicaciones sobre las que se puede encontrar una amplia bibliografía e implantaciones en distintos sectores de actividad son:

- Control de acceso: peajes de carreteras, aparcamientos, acceso a edificios...
- Prepago: Transportes (autobús, metro)
- Identificación, localización y monitorización de personas, animales o materiales: en combinación con sensores (temperatura, humedad), tecnología inalámbrica (wlan) o de localización (GPS).

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

Aunque es necesario investigar y combinar distintas tecnologías para llegar a este nivel de conectividad (sensores, inteligencia artificial, nanotecnología, movilidad, baterías) , la aportación de la tecnología RFID es clara y fundamental en esta visión del futuro de las comunicaciones: la introducción a bajo coste de un código identificativo único y universal en los objetos, el cual les permita autenticarse e interactuar con otros sistemas, tanto locales como remotos. Esta es la visión que los organismos responsables de la normalización y estandarización de RFID a nivel mundial (EPCGlobal, Auto-ID, ISO) están desarrollando e intentado implantar en coordinación con todos los agentes involucrados (fabricantes, desarrolladores de software, reguladores de telecomunicaciones nacionales e internacionales).

Todas estas expectativas han contribuido a que, inicialmente, la industria estimara un enorme y rápido crecimiento del mercado y de la implantación de la tecnología RFID a nivel mundial. El volumen de negocio total derivado de la introducción de RFID, incluyendo tecnologías relacionadas, desarrollo de software y servicios especializados (consultoría, integración) es difícil de calcular, por lo que la mayoría de los análisis incluyen solo el derivado directamente de la introducción de las etiquetas y equipos lectores RFID en las cadenas de producción y suministro de forma equivalente al código de barras.

Sin embargo, a día de hoy, aunque los analistas siguen coincidiendo en mantener las previsiones de negocio de la tecnología, los datos de actividad que muestra el mercado inducen a revisar las previsiones en el tiempo, ampliando el periodo de implantación de la tecnología a nivel mundial, dadas las barreras que supone no solo en cuanto a precio (el

código de barras no tiene precio y ya está implantado en todas las cadenas de producción), sino también a nivel de complejidad técnica (software y hardware) y a nivel normativo y regulatorio.

## 2. Fundamentos

En un primer acercamiento, un sistema RFID se puede definir en los siguientes puntos:

- Identificación de objetos a distancia, vía radio, sin necesidad de contacto ni línea de visión directa.
- Una solución básica basada en RFID se compone de un lector con una o más antenas, etiquetas de identificación (“tags”) y un software que realice el tratamiento de la información recogida por los lectores.

Hay que tener en cuenta que la potencia de la tecnología RFID reside tanto en su bajo coste y como en la universalidad y unidad del código identificador del tag (EPC, “Electronic Product Code”), fundamentales para las aplicaciones de la cadena de suministro. Por tanto, la estandarización a nivel mundial tanto del código EPC (concebido como evolución del código UPC, “Universal Product Code” de los códigos de barras) como de los mecanismos para su asignación y para garantizar la interoperabilidad de los distintos sistemas es vital cuando se habla de RFID.

### I. Frecuencias de funcionamiento

Han pasado más de cincuenta años desde el nacimiento de la tecnología RFID, pero es en estos últimos años, con la intervención de grandes “retailers” multinacionales, fabricantes y operadores logísticos, y la consolidación de EPCGlobal como organismo internacional de estandarización, cuando se ha producido un aumento del número de aplicaciones que hacen uso de ella.

El desarrollo progresivo de las tecnologías de fabricación de circuitos integrados ha posibilitado el abaratamiento de los costes de producción y la evolución de la tecnología hacia frecuencias de transmisión más elevadas, lo que supone reducción de tamaño y mayor velocidad de

transferencia de datos. La frecuencia de trabajo de la etiqueta y de los lectores condiciona las características físicas de propagación del campo electromagnético y, por tanto, las de la transmisión de los datos: tipo de acoplamiento, distancia máxima de lectura, velocidad de transmisión, sensibilidad a los materiales. Estas características condicionan también las aplicaciones comerciales para las que se puede utilizar la tecnología RFID.

Frecuencia de trabajo	Aplicaciones usuales
LF : 135 KHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Control de acceso</li> <li>- Identificación de animales</li> <li>- Control antirrobo en coches</li> </ul>
HF : 13.56 Mhz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Control de acceso</li> <li>- Bibliotecas y control de documentación</li> <li>- Pago en medios de transporte</li> <li>- Control de equipaje en aviones</li> </ul>
UHF : 860-960 Mhz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cadenas de suministro</li> <li>- Trazabilidad de objetos de valor</li> <li>- Control anti falsificación</li> <li>- Automatización de las tareas de inventariado</li> <li>- Pago de peajes en autopistas</li> <li>-</li> </ul>
Microondas : 2.4 Ghz, 5.8 Ghz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pago de peajes en autopistas</li> <li>- Rastreo de vehículos</li> </ul>

Tabla 1. Aplicaciones según frecuencia de trabajo

En este caso el sistema que se va a implantar trabaja en UHF a 860Mhz.

Según la banda de frecuencias utilizada en la transmisión, la comunicación entre lector y antena se realiza de distinta forma:

- Acoplamiento inductivo
- Acoplamiento capacitivo

El acoplamiento inductivo se usa tanto para comunicaciones a baja frecuencia (LF) como a alta (HF). La corriente eléctrica que circula por la antena del lector genera un campo magnético que, cuando alcanza a la antena de la etiqueta, induce en esta una corriente que la alimenta. El tag conmuta entonces la impedancia de carga de su antena para crear una modulación que le permita la transmisión de datos.

El acoplamiento capacitivo se usa para la comunicación en frecuencias UHF y microondas. En este caso, el lector transmite una señal de radiofrecuencia que la etiqueta recibe, modula y refleja de nuevo hacia el lector. Dependiendo del tipo de alimentación de las etiquetas (pasivas o activas), estas tomarán de la señal que les llega del lector su alimentación o no, antes de retransmitirla en respuesta.

Entre las características físicas de propagación de las ondas electromagnéticas según la frecuencia de transmisión cabe destacar la sensibilidad a distintos tipos de materiales conforme aumenta la frecuencia: en HF ya existen problemas de desadaptación (o desintonización) de la antena cuando las etiquetas se encuentran adheridas a una superficie metálica. En UHF y microondas, no solo se obtiene un mal comportamiento con los metales, sino también con los líquidos y otros materiales, además de los problemas asociados a la desintonización de las antenas de los tags cuando estos se encuentran muy cercanos entre sí.

Sin embargo, las ventajas de la utilización de altas frecuencias son evidentes: mientras que en LF y HF los rangos de lectura son inferiores a 1 metro, en UHF se pueden alcanzar entre 1-8 metros para etiquetas pasivas y hasta 100 metros para las activas. Asimismo, conforme más alta sea la frecuencia, mayor puede ser la cantidad de información manejada y la velocidad de lectura simultánea, dada la mayor tasa de transferencia de datos que se puede conseguir.

La regulación internacional especifica que los equipos RFID utilicen la banda de frecuencias de uso libre ISM (“Industrial Scientific and medical”) para UHF, como ocurre con otras tecnologías (WiFi, Bluetooth). Sin embargo, este es uno de los problemas de compatibilidad a nivel mundial de la tecnología, ya que dentro de esta banda, para la frecuencia UHF existen distintos rangos permitidos por las diferentes entidades nacionales reguladoras, tal y como se muestra en la imagen anterior. La unificación internacional de las frecuencias a utilizar o el desarrollo de lectores y etiquetas “multibanda” será necesario para que la tecnología se pueda utilizar en todo el mundo sin problemas de compatibilidad.

## II. Estándares

La tecnología RFID debe cumplir con estándares creados por organizaciones como ISO y EPC.

- ISO: Tiene 3 estándares para RFID: ISO 14443 (para sistemas sin contacto), ISO 15693 (para sistemas de proximidad) e ISO 18000 (para especificar la interfaz aérea para una variedad de aplicaciones).
- EPC: EPC Global es una organización sin fines de lucro que ha desarrollado una amplia gama de estándares para la identificación de productos. Los estándares EPC están enfocados a la cadena de suministro y particularmente definen la metodología para la interfaz aérea; el formato de los datos almacenados en una etiqueta RFID, para la identificación de un producto, captura, transferencia, almacenamiento y acceso de estos datos; así como el middleware y la base de datos que almacena esta información.

El código EPC en una etiqueta RFID puede identificar al fabricante, producto, versión y número de serie, y adicionalmente provee un grupo de dígitos extra para identificar objetos únicos.

- ONS: EPCglobal ha desarrollado un sistema llamado ONS (Object Naming Service) que es similar al DNS (Domain Name Service) utilizado en Internet. ONS actúa como un directorio para las organizaciones que desean buscar número de productos en Internet.
- Gen 2: EPCglobal ha trabajado con un estándar internacional para el uso de RFID y EPC, en la identificación de cualquier artículo, en la cadena de suministro para las compañías de cualquier tipo de industria, esto, en cualquier lugar del mundo. Fue aprobado en 2004 y es probable que llegue a formar la espina dorsal de los estándares en etiquetas RFID de ahora en adelante. EPC Gen2 es la abreviatura de “EPCglobal UHF Generation 2”.

- Otros: Existen, así mismo, mucho más estándares, pero enfocados a industrias específicas, por ejemplo: el AIAG B-11 para identificación de llantas y ANSI MH10.8.4, para aplicaciones estándar de RFID con contenedores reutilizables. Los siguientes son algunas organizaciones que han producido algún estándar relacionado con RFID: ANSI, AIAG, EAN.UCC, CEN, ETSI, ERO, UPU, ASTM. [3]

### III. Conectividad

Cuando se desarrolla un sistema RFID la elección de la conectividad de red para los lectores de RFID, es una consideración importante.

Históricamente los lectores de RFID han tendido a usar comunicaciones seriales, ya sea RS-232 o RS-485. Actualmente la mayoría de los fabricantes intenta habilitar Ethernet en sus lectores e inclusive conectividad wireless 802.11.

Siendo las opciones las siguientes:

- RS-232: Este protocolo provee sistemas de comunicación confiables de corto alcance. Tiene ciertas limitantes como una baja velocidad de comunicación, que va de 9600 bps a 115.2 kbps. El largo del cable está limitado a 30 metros, no cuenta con un control de errores y su comunicación es punto a punto.
- RS-485: El protocolo RS-485 es una mejora sobre RS-232, ya que permite longitudes de cables de hasta 1200 metros. Alcanza velocidades de hasta 2.5 Mbps y es un protocolo de tipo bus lo cual permite a múltiples dispositivos estar conectados al mismo cable.
- Ethernet: Se considera como una buena opción, ya que su velocidad es más que suficiente para los lectores de RFID. La confiabilidad del protocolo TCP/IP sobre Ethernet asegura la integridad de los datos enviados y finalmente al ser la infraestructura común para las redes, la mayoría de las instituciones ya cuentan con una red de este tipo, lo que permite una instalación más sencilla y menos costos de integración.

- Wireless 802.11: Se utiliza en la actualidad en los lectores de RFID móviles. Además de que esta solución reduce los requerimientos de cables y por lo tanto de costos.
- USB : Pensado desde la tendiente desaparición del puerto serial en las computadoras, algunos proveedores de lectores RFID han habilitado sus equipos para poder comunicarse mediante el puerto USB, como es el caso del lector que se ha utilizado en este proyecto. (Impinj Revolution Speedway R420). [3]

### 3. Motivación y estado del arte

La identificación de elementos a lo largo de todo el proceso de producción y envíos es uno de los elementos clave para la gestión de los recursos de una empresa. Es por eso que desde hace años se hace uso de los códigos de barras para este propósito.

Sin embargo, la tecnología de lectura de los códigos de barras presenta ciertas desventajas, como la escasa cantidad de datos que pueden almacenar y la imposibilidad de ser reprogramados. El más importante es el hecho de que es obligatoria una línea visual directa entre el lector y el código, cosa que impide distancias elevadas y la posibilidad de realizar múltiples lecturas simultáneas en un segundo.

Todo esto hace que, pese a haberse convertido en un sistema prácticamente imprescindible en las grandes empresas para el control de sus productos, el sistema de códigos de barras no sea lo mejor para según qué casos.

Es por eso que surge este proyecto, un proyecto que busca resolver esos problemas, para reducir los tiempos de lectura de los elementos y automatizar aún más los procesos, con el fin de aumentar la productividad de las empresas y tener un mayor control del estado de los elementos para así poder elaborar informes detallados de productividad y realizar previsiones.

Con la introducción de la tecnología RFID aparece la posibilidad de leer múltiples elementos a la vez sin que eso aumente significativamente el tiempo de lectura y, además, eliminando la restricción de la línea visual entre lector y código(o chip/tag en RFID). [1]



Ilustración 1. Imagen de un sistema RFID real con 2 antenas



Ilustración 2. Sistema RFID real con arco de lectura

## I. Comparación entre tecnologías de radiofrecuencia y código de barras

RFID es una tecnología que ha tenido gran crecimiento en los últimos años, de hecho se piensa que puede reemplazar al código de barras, pero, por el momento no reemplazará a ninguna de las otras tecnologías de auto identificación existentes, ya que cada una tiene sus propias ventajas y desventajas.

La tecnología de RFID se ha visto como el sucesor del código de barras, porque ofrece diferentes ventajas sobre esta tecnología. Por ejemplo, una etiqueta de RFID no necesita línea de vista directa con el lector para poder ser identificada, y dependiendo de la tecnología que se utilice, la distancia entre el transpondedor y el lector puede ser desde un par de centímetros hasta cientos de metros.

Otra ventaja es que con RFID se identifica un producto como único, es decir, productos iguales pueden ser diferenciados por una clave contenida en su etiqueta de RFID, a diferencia del código de barras que para productos iguales es el mismo. Una etiqueta de RFID es mucho más complicada de clonar que un código de barras que puede ser adquirido por medio de una fotocopia.

Un código de barras no puede ser modificado una vez que ha sido impreso, por tanto, es una tecnología de solo lectura. En contra, los tags de RFID pueden tener la capacidad de lectura/escritura ya que cuentan con una memoria direccionable que puede ser modificada miles de veces durante su periodo de vida. Esta capacidad hace de RFID una tecnología muy poderosa.

Otro problema del código de barras es la capacidad simultánea de lectura, que en cualquier sistema de código de barras es uno. Esto significa que solo se puede identificar un solo producto al mismo tiempo, a diferencia de la tecnología RFID que puede realizar múltiples lecturas simultáneas.

Finalmente, una etiqueta de RFID tiene una mayor durabilidad y un menor desgaste debido a que un código de barras sufre un desgaste o tachaduras, ya no podrá ser leído.

El único punto a favor del código de barras es que su precio puede llegar a ser insignificante. Por ello existe la creencia acerca de que RFID no reemplazará por completo al código de barras.

Características	Código de barras	RFID
Capacidad / Identificación	Espacio limitado / Estandarizada	Mayor cantidad de información / Unívoca por producto
Actualización Lectura	Sólo una lectura cada vez	Lectura / escritura simultánea
Tipo de lectura	Sólo en superficie	A través de diversos materiales
Flexibilidad	Requiere línea de visión para lectura	No requiere línea de visión para lectura
Precisión / Durabilidad	Requiere intervención humana / Puede estropearse fácilmente	100 % automático / Soporta ambientes agresivos

Tabla 2. Diferencias entre RFID y código de barras

## II. Ventajas de la identificación por radiofrecuencia

A continuación se describen las principales ventajas de la tecnología RFID.

- Seguridad: Es una tarjeta que por su diseño tecnológico, no puede duplicarse fácilmente. Cada una posee un código distinto y no permite que varios usuarios puedan tener una tarjeta duplicada. Es una diferencia fundamental cuando se le compara con los sistemas de banda magnética o código de barras, donde la duplicación de tarjetas es bastante frecuente. Son ideales para situaciones de máxima seguridad y alta tecnología.
- Línea de vista: De todos es el sistema más ágil y práctico, por varias razones. Una de ellas es que no necesita que la tarjeta sea pasada por una ranura o en el sentido correcto, lo que le da una mayor agilidad y practicidad de uso. Esto garantiza el éxito de la implementación de un sistema nuevo, donde, en general, los usuarios se resisten a ser controlados, pero al ser tan cómodo su uso, brinda una aceptación muy grande por parte de los usuarios.
- Inventarios de alta velocidad: Múltiples dispositivos pueden ser leídos simultáneamente, esto puede ahorrar tiempo si se compara con

otras tecnologías, en las que es necesario alinear los dispositivos para leerlos uno por uno.

- **Lectores sin mantenimiento:** Los lectores son unidades sin partes móviles, lo que garantiza un correcto funcionamiento sin límite de uso y sin que haya que hacerles algún tipo de mantenimiento. También se pueden instalar a la intemperie sin que las inclemencias del tiempo, como altas y bajas temperaturas ambientales, los dañen.
- **Tarjetas sin desgaste:** El tag no tiene fricción alguna con el lector, por lo que no se desgasta y su vida útil es prolongada.
- **Reescribible:** Algunos tipos de etiquetas RFID, pueden ser leídas y escritas en múltiples ocasiones.
- **Factibilidad:** El área de aplicación de la tecnología RFID es muy amplia
- **Otras tareas:** Además de almacenar y transmitir datos, una etiqueta RFID puede ser diseñada para desempeñar otras funciones como medir condiciones de humedad o temperatura en el ambiente.[3]

#### 4. Antecedentes

A lo largo de estos años, Tasubinsa utilizaba en su sistema de trazabilidad etiquetas de código de barras para identificar los productos terminados.

Dichos productos eran leídos con una pistola de código de barras uno a uno por un operario con lo costoso que esto resulta, ya que en algunos casos no todos los productos eran leídos por los operarios, debido a las condiciones fisiológicas de los mismos.

Es por esto que surge la necesidad de desarrollar alternativas a la lectura de los códigos de barras manualmente, como es este proyecto.

## 5. Aspectos de seguridad, privacidad y confidencialidad

A pesar de los potenciales beneficios que conlleva la implantación de sistemas RFID, existe una creciente corriente en contra de esta tecnología, debido a que cualquier persona, con un lector apropiado, puede leer la información que llevan las etiquetas. En este sentido, todo sistema RFID debe protegerse, en mayor o menor medida de:

- Lecturas/escrituras indeseadas, con objeto de obtener información o modificar datos de forma fraudulenta.
- La existencia de etiquetas falsas dentro de una zona restringida, que tratan de burlar la seguridad del sistema accediendo a lugares no autorizados o recibiendo determinados servicios sin previo pago.
- Escuchas ilegales con objeto de copiar los datos y falsificar etiquetas.

### I. Aspectos de seguridad

La seguridad es un aspecto importante. A menudo utilizamos las nuevas tecnologías sin preocuparnos de la seguridad. RFID es una tecnología reciente y prometedora, y si no se dota de la debida seguridad, aparecerán problemas a la hora de prestar servicio, robos de datos personales...

La forma más simple de ataque a un sistema RFID es evitar la comunicación entre el lector y la etiqueta. Esto se puede realizar de forma tan simple como apantallar con metales. Existen otras formas de ataque más sofisticadas, cuyo blanco son las comunicaciones en radiofrecuencia. Las más importantes se pueden clasificar en cuatro tipos: Spoofing, Inserción, Replay y Denegación de servicio.

- Spoofing. Este tipo de ataque consiste en suministrar información falsa que parece ser válida y que es aceptada por el sistema. Por ejemplo, se podría enviar un código electrónico de producto (EPC) falso, cuando el sistema espera uno correcto.

- **Inserción.** Este tipo de ataque inserta comandos del sistema donde habitualmente se esperan datos. Por ejemplo, inserción de comandos SQL en una base de datos o inserción de comandos donde deberían ir, por ejemplo, códigos EPC.
- **Replay.** En este tipo de ataque, se intercepta una señal RFID y se graban los datos. Posteriormente se retransmiten al sistema, que los acepta como válidos.
- **Denegación de servicio (DOS).** En este tipo de ataques, se colapsa al sistema alimentándole con más datos que los que puede manejar. Hay una variante conocida como RF jamming en el que se anula la comunicación RF emitiendo ruido suficientemente potente.

Otros tipos de ataque son:

- **Man in the Middle.** Este tipo de ataque se aprovecha de la confianza mutua en el proceso de comunicación suplantando una de las entidades. RFID es particularmente vulnerable a este tipo de ataque, debido a la interoperabilidad de muchos lectores y etiquetas, y a la automatización del proceso de lectura y escritura.
- **Fraudes por modificación de chips.** Este tipo de ataque consiste en reescribir la información de un producto con el fin de modificar algún parámetro de éste para conseguir algún beneficio, véase reducir el precio del producto.
- **Inutilización de etiquetas.** Consiste en inutilizar la etiqueta RFID sometiéndola a un fuerte campo electromagnético. Esto se realiza de forma legal cuando compramos un producto y lo acercan a un sistema que desactiva el código de seguridad. Lo que hace este sistema es introducir un pulso electromagnético que inutiliza una sección más débil de la antena, con lo que el sistema queda inoperativo. Si se dispone de la tecnología necesaria, entre otras cosas una antena altamente direccional, se pueden inutilizar las etiquetas de protección de los productos, favoreciéndose así su sustracción. [5]

## II. Medidas de seguridad para las etiquetas

Existen soluciones que permiten fortalecer la seguridad de estos sistemas.

Una forma obvia de evitar la modificación de la información en las etiquetas es utilizar etiquetas de sólo lectura, o no escribir los datos directamente en las etiquetas, sino incluir en dichas etiquetas únicamente un código, y desplazar todo el resto de la información a una base de datos en el sistema backend, cuyas medidas de seguridad pueden ser muy superiores a las de la etiqueta.

Para evitar los borrados y desactivaciones no autorizadas de las etiquetas se pueden utilizar métodos de autenticación previos.

Adicionalmente, el uso de cifrado puede ser recomendable cuando las etiquetas porten información sensible o privada.

## III. Medidas de seguridad para la comunicación radio

El desplazamiento de la información a la base de datos del backend resulta también de utilidad en este punto, así como el cifrado de los datos puede evitar la obtención de información monitorizando el enlace radio.

## IV. Medidas de seguridad para el lector

Para evitar la falsificación de identificadores de lector, obteniéndose así acceso a las etiquetas, se pueden utilizar métodos de autenticación para validar la comunicación entre lector y etiqueta.

En resumen, las soluciones no son muy diferentes de las utilizadas en los sistemas tradicionales:

- Uso de esquemas de cifrado y protocolos seguros como DES (Data Encryption Standard).

- Uso de buffers para evitar ataques de denegación de servicio.
- Realización de análisis de patrones de eventos, a fin de detectar eventos espurios.
- Uso de procedimientos de autenticación de fuente, para evitar ataques de sustitución de dirección TCP/IP.
- Uso de extensiones de seguridad para el DNS.

## 6. Requisitos del proyecto

Tasubinsa quiere implementar un sistema RFID en su muelle de carga que le permita automatizar la lectura y la captura de datos de los movimientos logísticos que desarrolla y reflejarlos en su ERP con el fin de generar automáticamente el albarán del pedido.

Para ello habrá que desarrollar un software RFID con el fin de capturar los datos del lector y, posteriormente, integrarlos en el ERP de Tasubinsa. Esta última parte le corresponde a la empresa que le gestiona sistema (Iniker).

Se ha desarrollado un software en Java con la herramienta Eclipse capaz de realizar la lectura de cada tag, procesarla e insertarla en una base de datos para su posterior integración al ERP de la empresa.

## 7. Descripción del sistema de trazabilidad

A continuación se describe paso a paso el proceso desde que se genera una etiqueta hasta que es leída por las antenas y se genera el albarán.

1. Se imprime la etiqueta con un código identificativo RFID desde el ERP de Tasubinsa (Axapta).
2. Se le adjunta la etiqueta al palé o caja en cuestión.
3. Una vez que el objeto identificado está terminado y listo para ser transportado al cliente final, es leído por las antenas, las cuales transmiten la información al lector.
4. El lector, a través de una conexión Ethernet con el PC que está corriendo el software de gestión, le envía los datos para que éste los procese.
5. El software procesa los datos capturados de las lecturas previas y los inserta en la base de datos.
6. En el ERP, a la hora de cargar las etiquetas, se accede a la base de datos para recoger los códigos de las etiquetas leídas y a continuación ya se puede generar el albarán con la información relativa a estos códigos.

## 8. Tecnología RFID

La tecnología RFID (Radio Frequency IDentification) es un sistema de almacenamiento de datos remotos que usa dispositivos conocidos mayormente como etiquetas o tags RFID.

El propósito fundamental de esta tecnología es ser capaz de obtener el identificador de un elemento mediante ondas de radio.

Las etiquetas RFID pueden ser unas etiquetas normales (normalmente etiquetas autoadhesivas) a las que se les introduce un inlay RFID. Estos inlays contienen antenas para permitirles recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID. Las etiquetas suelen ser pasivas, que significa que no necesitan alimentación eléctrica interna.

A continuación se muestra esquemáticamente una clasificación de los distintos sistemas RFID existentes:

- Según su capacidad de programación:
  - De sólo lectura: Las etiquetas se programan durante su fabricación y no pueden ser reprogramadas.
  - De una escritura y múltiples lecturas: Las etiquetas permiten una única reprogramación.
  - De lectura/escritura: Las etiquetas permiten múltiples reprogramaciones.
  
- Según el modo de alimentación:
  - Activos: si las etiquetas requieren de una batería para transmitir la información.
  - Pasivos: si las etiquetas no necesitan batería.
  
- Según el rango de frecuencia de trabajo:
  - Baja Frecuencia (LF): se refiere a rangos de frecuencia inferiores a 135 KHz.
  - Alta Frecuencia (AF): cuando la frecuencia de funcionamiento es de 13.56 MHz.

- Ultra Alta Frecuencia (UHF): comprende las frecuencias de funcionamiento en las bandas de 433 MHz, 860 MHz, 928 MHz.
- Frecuencia de Microondas : comprende las frecuencias de funcionamiento en las bandas de 2.45 GHz y 5.8 GHz.
- Según el protocolo de comunicación:
  - Dúplex: El transpondedor transmite su información en cuanto recibe la señal del lector y mientras dura ésta. A su vez pueden ser:
    - Half dúplex, cuando transpondedor y lector transmiten en turnos alternativos.
    - Full dúplex, cuando la comunicación es simultánea. En estos casos la transmisión del transpondedor se realiza a una frecuencia distinta que la del lector.
    - Secuencial: El campo del lector se apaga a intervalos regulares, momento que aprovecha el transpondedor para enviar su información. Se utiliza con etiquetas activas, ya que el tag no puede aprovechar toda la potencia que le envía el lector y requiere una batería adicional para transmitir, lo cual incrementaría el coste.
- Según el principio de propagación:
  - Inductivos: Utilizan el campo magnético creado por la antena del lector para alimentar el tag. Opera en el campo cercano y a frecuencias bajas (LF y HF)
  - Propagación de ondas electromagnéticas: utilizan la propagación de la onda electromagnética para alimentar la etiqueta. Opera en el campo lejano y a muy altas frecuencias (UHF y microondas). [2]

## I. Arquitectura

Como hemos visto, existe una gran diversidad de sistemas RFID, los cuales pueden satisfacer un amplio abanico de aplicaciones para los que pueden ser utilizados. Sin embargo, a pesar de que los aspectos tecnológicos pueden variar, todos se basan en el mismo principio de funcionamiento, que se describe a continuación:

1. Se equipa a todos los objetos a identificar, controlar o seguir, con una etiqueta RFID.
2. La antena del lector emite un campo de radiofrecuencia que activa las etiquetas o tags.
3. Cuando una etiqueta ingresa en dicho campo utiliza la energía y la referencia temporal recibidas para realizar la transmisión de los datos almacenados en su memoria. En el caso de etiquetas activas la energía necesaria para la transmisión proviene de la batería de la propia etiqueta.
4. El lector recibe los datos y los envía al ordenador de control para su procesamiento y posterior integración al ERP.

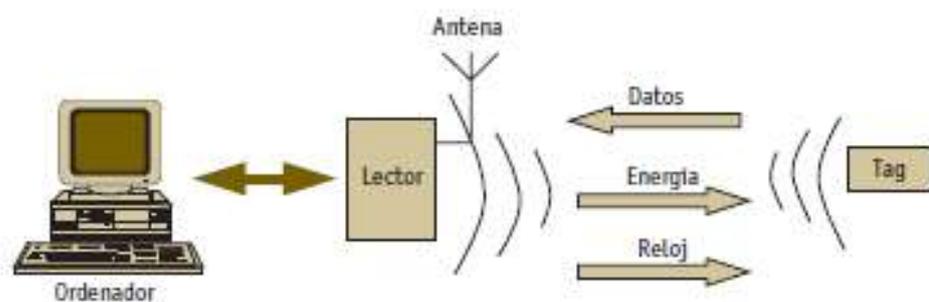


Ilustración 3. Arquitectura sistema RFID

Como se puede ver en la figura anterior, existen dos interfaces de comunicación:

- Interfaz Lector-PC : la conexión se realiza a través de un enlace Ethernet
- Interfaz Lector-etiqueta: Se trata de un enlace radio con sus propias características de frecuencia y protocolos de comunicación

## II. Tipos de tags RFID

Las etiquetas RFID pueden ser activas, semi-pasivas o pasivas. Los tags pasivos no requieren ninguna fuente de alimentación interna y son dispositivos puramente pasivos (sólo se activan cuando un lector se encuentra cerca para suministrarles la energía necesaria). Los otros dos tipos necesitan alimentación, típicamente una pila pequeña.

La mayoría de las etiquetas RFID son pasivas, que son mucho más baratas de fabricar y no necesitan batería aunque existen otros factores que hacen que el uso de etiquetas activas sea muy común hoy en día, como la exactitud, la longitud, el funcionamiento en ciertos ambientes como cerca del agua o metal y la confiabilidad.

Para comunicarse, los tags responden a peticiones o preguntas generando señales que a su vez no deben interferir con las transmisiones del lector, ya que las señales que llegan de los tags pueden ser muy débiles y han de poder distinguirse. Además de la reflexión, puede manipularse el campo magnético del lector por medio de técnicas de modulación de carga.

### a. Tags pasivos

Los tags pasivos no poseen alimentación eléctrica. La señal que les llega de los lectores induce una pequeña corriente eléctrica suficiente para operar el circuito integrado CMOS, de forma que puede generar y transmitir una respuesta. La mayoría de tags pasivos utiliza reflexión utiliza *backscatter* o reflexión sobre la portadora recibida, esto es, la antena ha de estar diseñada para obtener la energía necesaria para funcionar a la vez

que para transmitir la respuesta por *backscatter*. Un tag puede incluir memoria no volátil, posiblemente escribible (EEPROM).

Suelen tener distancias de uso práctico comprendidas entre los 10 cm y llegando hasta unos pocos metros (6 metros), según la frecuencia de funcionamiento y el diseño y tamaño de la antena. Son obtenibles por medio de un proceso de impresión de las antenas. Al no precisar alimentación, el dispositivo puede resultar muy pequeño.

El termino *Backscatter* (Retrodispersión), nos define que la etiqueta será capaz de reflejar hacia la antena una onda, sobre la misma frecuencia emitida por ella, pero cambiando varias cualidades de dicha reflexión para poder enviar información de vuelta a el. Adicional a esta operación, la antena de la etiqueta toma parte del poder recibido para suministrar poder al chip dentro de ella. Este chip se encarga de controlar una resistencia en medio de las dos de mitades de la antena:

- Si ambas mitades de la antena se conectan directamente con poca resistencia, se reflejará la señal del lector con alta amplitud.
- Si por el contrario la resistencia separa las dos mitades de la antena reflejará la señal del lector con baja amplitud.

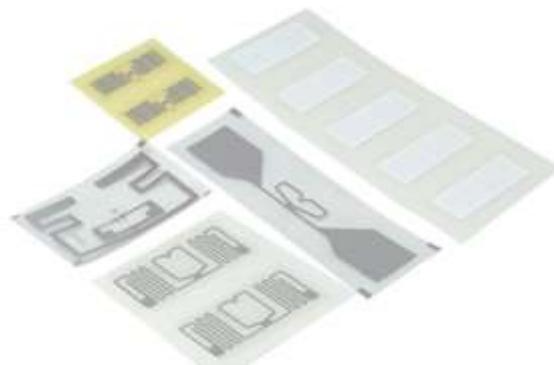


Ilustración 4. Tags pasivos

## b. Tags activos

A diferencia de los tags pasivos, los activos poseen su propia fuente autónoma de energía, que utilizan para dar corriente a sus circuitos integrados y propagar su señal al lector. Estas baterías proporcionan a los tag una alimentación en modo reposo en el cual la corriente consumida es muy pequeña y pueden durar desde 1 a 10 años. Estos tags son más fiables que los pasivos debido a su capacidad de establecer sesiones con el lector. Son capaces de transmitir señales más potentes que las de los tags pasivos, lo que les lleva a ser más eficientes en entornos dificultosos para la radiofrecuencia como el agua o el metal.

A su vez, también son efectivos a distancias mayores pudiendo generar respuestas claras a partir de recepciones débiles (al contrario que los tags pasivos). Por el contrario, suelen ser mayores y más caros, siendo su vida útil mucho más corta.

Actualmente, las etiquetas activas más pequeñas tienen un tamaño parecido al de una moneda, y la batería una duración de hasta varios años. Las distancias de lectura oscilan entre los 10 y 100 metros generalmente. [1]



Ilustración 5. Tags RFID activas

### c. Tags semi-pasivos

Los tags semi-pasivos son también llamados tags asistidos por batería. Utilizan una batería para alimentar el microchip del circuito, pero se comunican mediante la energía del lector. Este diseño mejora el tiempo de respuesta del tag, y aumenta el rango de lectura. Debido a su fuente de energía, los tags semi-pasivos son capaces de utilizar una mayor capacidad de memoria y de incluir capacidades de procesamiento adicionales.

### d. Comparativa

La principal ventaja de los tags RFID activos respecto a los pasivos es el elevado rango de lectura, del orden de decenas de metros. Como desventajas, cabe destacar el precio, que es muy superior que los tags pasivos y la dependencia de alimentación por baterías. El tiempo de vida de las baterías depende de cada modelo del tag y también de la actividad de este. Para facilitar la gestión de las baterías, los tags informan al lector acerca del nivel de batería para permitir sustituir con antelación aquellas que estén para acabarse.

## III. Componentes

Como ya se ha comentado, el sistema RFID se compone principalmente de estos elementos:

### Etiquetas (Transpondedor)

Compuesta por una antena, un transductor radio y un chip. El propósito de la antena es permitirle al chip, el cual contiene la información, transmitir la información de identificación de la etiqueta. Existen varios tipos de etiquetas. El chip posee una memoria interna con una capacidad que depende del modelo y varía de una decena a millares de bytes. Existen varios tipos de memoria:

- Solo lectura: El código que contiene es único y es personalizado durante la fabricación de la etiqueta.

- De lectura y escritura: La información puede ser modificada por el lector.

- Anticolisión: Se trata de etiquetas especiales que permiten que un lector identifique varias al mismo tiempo.



Ilustración 6. Etiquetas RFID utilizadas

## Lector Impinj Speedway Revolution r420

Los lectores RFID son utilizados para reconocer la presencia de etiquetas cercanas a él. El lector transmite energía a través de sus antenas, entonces, la antena perteneciente a una etiqueta cercana recoge dicha energía, y la convierte en energía eléctrica a través de la inducción. Dicha energía es capaz de alimentar el chip adjuntado a la antena de la etiqueta, el cual posee la identidad que se desea conocer.

Una manera de ver los lectores, sería decir que, son los interfaces hacia la red.

## 4 antenas UHF CSL CS771-1

Estas antenas de polarización circular son excelentes para aplicaciones de alta concentración de etiquetas donde se requieren lecturas efectivas sin importar la posición del tag. Más adelante se detallarán las especificaciones técnicas.

Se conectan al lector a través de un cable coaxial al puerto de antena. En este caso, el lector solo tiene 4 puertos de antena, pero es suficiente para realizar las lecturas en la zona de lectura.

Existe la posibilidad de conectar a los puertos de antena un hub o concentrador al que se le pueden conectar hasta 8 antenas. Por lo que si es necesario, con un único lector se pueden conectar hasta 32 antenas (4 hub \* 8 antenas/hub). (Ver Anexo para ver especificaciones).

## Un PC corriendo el software

Para que sea posible realizar todas las lecturas a lo largo del día, es necesario que se lance el software alojado en un PC.

Para que sea posible ejecutar el software es necesario tener instalado el programa Eclipse para poder correr el código Java desarrollado para procesar las lecturas.

El PC está conectado al lector a través de un cable Ethernet. Esta conexión es necesaria para que el software pueda iniciar la conexión con el lector y realizar todas las configuraciones y lecturas.

## Base de datos (Microsoft SQL)

Una vez procesados los datos de las lecturas, estos serán almacenados en una base de datos en la que quedará registrado el código de la etiqueta (EPC), las antenas por las que ha sido leído, los tiempos de lectura de cada antena y el sentido de entrada o de salida en función del orden de lectura de las antenas.

## ERP

Una vez se han almacenado las lecturas en la base de datos, estas se exportarán al ERP de Tasubinsa para proceder a realizar el albarán. El ERP que poseen es Microsoft dynamics AX.

## Impresora SATO CL4NX

Para la impresión de las etiquetas se ha elegido esta impresora debido a sus grandes prestaciones en la impresión de etiquetas RFID. A su vez, en las especificaciones técnicas aparece como protocolo propio la marca del lector (Impinj) lo que nos ha ayudado a decidirnos por esta opción.

La impresora es la encargada de imprimir la etiqueta que previamente se ha generado a través del ERP de la empresa (Axapta). La impresora utiliza un códec de Windows, el cual hace la conversión del código RFID a una fuente capaz de grabarse en el chip de la etiqueta.



Ilustración 7. Impresora RFID Sato CL4NX

## 9. Análisis DAFO

A continuación se muestra un análisis DAFO sencillo sobre la implantación de la tecnología RFID.

### Fortalezas

- Permite mejorar la eficiencia de los procesos asistenciales, mejorar la gestión de inventario y reducir los errores derivados de su manipulación.

- Éxito probado en el despliegue de otras aplicaciones logísticas.

- Las características de la tecnología: lectura a distancia, posibilidad de programación, compacta, robusta, y de bajo consumo de potencia, la hacen muy adecuada.

- La versatilidad de la tecnología: etiquetas de muy diversas formas, tamaños, alcances, consumos, etc., le permiten adaptarse con facilidad a los requerimientos cambiantes de los procedimientos y las diversas características de los equipos.

- Movimiento claro hacia la adopción de estándares que facilitarán la interoperabilidad de los equipos. Aunque esto está todavía en proceso, parece claro que al final uno o dos estándares serán los que predominen en el mercado.

- La tecnología parece estar alcanzando un cierto grado de madurez.

- Reducción decidida del precio de los equipamientos: etiquetas, lectores y software (en especial de los sistemas pasivos), motivo de la oferta cada vez más amplia presente en el mercado de RFID.

- La no necesidad de alimentación de las etiquetas pasivas y el bajo precio de éstas.

- La misma tecnología que se utiliza para la identificación se puede utilizar también para la localización y seguimiento.

### Debilidades

- Limitaciones de la tecnología. No funciona bien en presencia de metales o elementos ricos en agua.

Existen además limitaciones de propagación en función de la frecuencia utilizada, que se han considerado anteriormente.

- Limitaciones de cobertura en la tecnología RFID pasiva. En muchos casos, este alcance es inferior al metro, lo que dificulta la operación a distancias mayores.

- Problemas de privacidad y confidencialidad de los datos. Aunque es posible dotar de seguridad a las transmisiones de RFID, como vimos en la sección correspondiente, el público la percibe todavía como una tecnología potencialmente invasiva de su privacidad.

- Frecuencia de operación. En función de la banda de trabajo, pueden existir posibles interferencias de RFID con el equipamiento.

- Falta de unanimidad sobre cuál será el estándar que prevalecerá, a pesar de que se está trabajando en ello. No solo se necesita una certificación de los sistemas actuales, sino que también se necesita interoperabilidad entre ellos.

- Aunque disminuyendo de precio, el coste de los sistemas activos es aún alto.

## Oportunidades

- Se pueden desarrollar rápidamente nuevos servicios y aplicaciones aprovechando las oportunidades que ofrezcan las necesidades detectadas en los entornos productivos.

- RFID no sólo mejora los actuales procesos sino que genera nuevas oportunidades de negocio con aplicaciones que hasta ahora no se podían desarrollar con otras tecnologías (por ejemplo, localización en tiempo real).

## Amenazas

- Los costes de transición desde sistemas basados en otras tecnologías pueden ser altos, o al menos el retorno de los beneficios económicos a corto plazo, lo que puede causar una cierta resistencia a la adopción de sistemas basados en RFID.

- Un inadecuado dimensionamiento de las necesidades o expectativas erróneas de su funcionalidad puede no causar los beneficios esperados.

- Aparición de nuevas tecnologías (o de variantes de éstas) que mejoren sus prestaciones. Ello causa un cierto riesgo de obsolescencia en los desarrollos que se acometan.

- Las diferentes regulaciones existentes, por ejemplo, en EE.UU. y en la Unión Europea sobre las potencias emitidas, alcances, etc. En algunas de las bandas de frecuencia pueden suponer una amenaza a la estandarización a nivel mundial. [5]

## 10. Base de datos

Para la captura de las lecturas y posterior integración de los datos en el ERP de la empresa se ha creado una base de datos con Microsoft SQL Server 2014. Para conectarse a la base de datos ha sido necesario añadir un driver sqljdbc.

Dicha base de datos contiene una tabla llamada Lecturas en la que se almacena la información relativa a cada tag que lee el lector. Tiene la siguiente estructura:

- EPC (varchar [150]): Campo que contiene el código EPC identificador del tag. En principio el código EPC es de 96 bytes.
- Antena1 (smallint): Campo que contiene el número del puerto de antena que ha leído el tag por primera vez.
- Antena2 (smallint): Campo que contiene el número del puerto de antena que ha leído el tag con el mismo código EPC por segunda vez.
- Tiempo1 (Datetime): Campo que contiene la fecha y la hora en la que el tag fue visto por primera vez.
- Tiempo2 (Datetime): Campo que contiene la fecha y la hora en la que un tag que ya ha sido leído ha sido visto por segunda vez por otra antena.
- Sentido (varchar [10]): Campo que determina el sentido de un tag (entrada o salida). En función de la distribución de las antenas en la planta, según el valor del puerto de antena que este a la salida se determina un valor u otro. Si la segunda vez que se lee un tag es con la antena que está a la salida el sentido será de salida, en cambio, si la primera vez que se lee un tag es con la antena que está a la salida y la segunda vez por una antena que está ya entrada la planta, el sentido será de entrada.

En el caso de que un tag no termine de pasar por la zona de lectura y que solo se haya leído por una antena, la fila correspondiente al código de este tag en la base de datos estará incompleta, faltando por definir el sentido del tag, así como la antena que lo ha leído en un segundo instante y su correspondiente tiempo de lectura.

## 11. Configuración del lector

El lector por defecto tiene una dirección IP dentro del rango 169.254.xxx.xxx la cual se desconoce. Para averiguarla, es necesario conectar el lector a un PC mediante un cable Ethernet y utilizar un software para realizar pings automáticamente dentro de un rango (IP scanner). La IP que responda se corresponde con la del lector.

Una vez que se conoce la IP del lector, se accede a él a través de Putty mediante SSH a la dirección IP ya conocida, se procede a configurarle una IP estática mediante el comando:

```
Config network ip static 192.168.2.164 255.255.255.0 192.168.2.1
```

Así, el lector está en la misma red que Tasubinsa a la cual está conectado el PC mediante DHCP.

Se establece el estado *ReportMode* (el modo en el que el lector reporta la información de las lecturas) a *individual*, así, el lector envía cada observación de un tag como un reporte individual.

Se establece el estado *ReaderMode* (el modo en el que el lector configura los parámetros de lectura) a *AutoSetDenseReader*, así, el lector hace un análisis de las interferencias y del ruido RF y automáticamente optimiza la configuración del lector de manera continuada. Esta es la mejor opción para espacios donde los tags están en movimiento.

Se establece el estado *SearchMode* (el modo en el que el lector realiza la búsqueda de los tags) en *DualTarget*, así, el lector leerá cada tag constantemente ya que en *SingleTarget* al leerse una única vez, daba problemas a la hora de leer ya que había veces que no detectaba bien la etiqueta, mientras que en *DualTarget*, la lectura de las etiquetas se realiza de una manera mucho mejor, aunque esto implique una mayor carga computacional tanto al lector como al software.

## 12. Configuración de las antenas

Las antenas se han colocado a una altura de 2.7 metros a cada extremo del muelle de carga con lo que se garantiza la lectura total de las etiquetas.



Ilustración 8. Muelle de carga de Tasubinsa donde colocan las antenas

Los parámetros con lo que se han configurado las antenas son:

- Potencia de transmisión: 30 Dbm
- Sensibilidad en recepción: -70 Dbm

Las antenas se han orientado del tal forma que emitan la señal hacia el suelo del muelle y no hacia arriba o laterales. Además, dichas antenas tienen configurado un tilt eléctrico, de manera que no radian de manera horizontal sino que lo hacen con un ángulo cercano a  $30^\circ$ , por lo que no será necesario inclinar la antena con este ángulo hacia el suelo.



Ilustración 9. Colocación de las antenas en varias alturas

## 13. Software

### I. Como ejecutar el software

Para ejecutar el software es necesario tener instalado en el PC que está conectado al lector vía Ethernet el software Eclipse.

Este software crea una carpeta en tu perfil de usuario llamada *workspace*, en la que se guardan todos los proyectos realizados. En este caso, hay que añadir la carpeta lector, la cual contiene el software, para poder añadirla desde el Eclipse.

Una vez dentro de Eclipse, hay que crear un nuevo proyecto, para ello, hay que ir a File>New>Java Project y en Project name se introduce el nombre exacto de la carpeta la cual contiene el proyecto y que está en workspace. Eclipse automáticamente detectará que existe esta carpeta.

Una vez que esta la carpeta lector dentro de Package explorer, hay que abrir src y ejecutar LectorImpinj.java. El software iniciara la conexión con el lector y la base de datos y a partir de ahí se deja corriendo.

### II. Librerías

Para poder llevar a cabo la conexión con la base de datos y almacenar las lecturas es necesario añadir un driver que permite la ejecución de operaciones sobre bases de datos desde el lenguaje de programación Java, independientemente del sistema operativo donde se ejecute o de la base de datos a la cual se accede, utilizando el dialecto SQL del modelo de base de datos que se utilice.

Este driver se corresponde con *sqljdbc42.jar* y para añadirlo hay que hacer click con el botón secundario sobre el proyecto>Build Path>Configure Build Path>Add External JARs y seleccionas el driver jdbc de la carpeta donde este guardado.

Esto último habrá que hacer también para añadir los jars correspondientes al API del lector para que se puedan importar los respectivos tipos de datos y de funciones. Los dos archivos que habrá que añadir son el `OctaneSDKJava-1.22.0.30.jar` y `OctaneSDKJava-1.22.0.30-jar-with-dependencies.jar`.

Con estos 3 archivos añadidos al proyecto ya se puede comenzar a desarrollar el software de lectura con la ayuda del API del lector.

### III. Desarrollo del software

Ante la necesidad de tener que leer los tags y procesarlos se ha desarrollado un software en Java con la herramienta Eclipse. Este software contiene 3 clases: `SampleProperties.java`, `lector.java` y `TagReportListenerImplementation.java`.

- *SampleProperties.java*: Contiene las propiedades del lector. En este caso esta clase contiene la variable `hostname`. Dicha variable contiene el nombre del lector para iniciar la conexión en la clase `lector.java`. El nombre del lector es `SpeedwayR-10-cb-8a.local`.
- *LectorImpinj.java*: Esta clase es la que se encarga de iniciar la conexión con el lector, configurar los parámetros de lectura del mismo y los parámetros de las antenas (potencia de transmisión en Dbm, sensibilidad en recepción en Dbm). También es el encargado de generar los eventos de lectura que llaman a la clase `TagReportListenerImplementation.java`, la cual es la encargada de procesar los datos.
- *TagReportListenerImplementation.java*: Cada vez que se genera un evento de lectura, `lectorImpinj.java` llama a esta clase, la cual se encarga de procesar los datos e insertarlos en la tabla `Lecturas` de la base de datos. El primer paso es conectarse a la base de datos

local con usuario y contraseña y procesa cada tag que lee insertándolo de una forma o de otra a la base de datos.

#### a. Clase `LectorImpinj.java`

Declaración de variables: Se define la clase dentro del paquete lector y se importan todas las clases de la librería `com.impinj.octane`. Se declaran las variables de clase al comienzo de la clase `LectorImpinj`. Estas variables son:

- `String hostname`: Se corresponde con el nombre del lector.
- `ImpinjReader reader`: Se utiliza para crear el objeto `ImpinjReader ()`.
- `ReportConfig report`: Se utiliza para obtener la clase `getReport ()` del objeto `settings`.
- `Settings settings`: Se utiliza para obtener el método `queryDefaultSettings ()` del objeto `reader`.
- `AntennaConfigGroup antennas`: Se utiliza para obtener el método `getAntennas ()` del objeto `settings`.
- `Int AntenaSalida, AntenaEntrada, AntenaAlbaran`: Se utilizan para guardar el número de puerto de antena con el que está configurada cada una.
- `Connection con`: Se utiliza para guardar en la variable “con” la conexión a la base de datos para poder pasársela como parámetro al método `void setConexionDatabase (Connection c)` de la clase `TagReportListenerImplementation ()`.

```
1 package lector;
2
3+ import com.impinj.octane.*;
8
9 public class LectorImpinj { // Se definen las variables a utilizar
10     String hostname;
11     ImpinjReader reader;
12     ReportConfig report;
13     Settings settings;
14     AntennaConfigGroup antennas;
15     int AntenaSalida,AntenaEntrada,AntenaAlbaran;
16     Connection con;
```

Ilustración 10. Declaración de variables

Constructor: En el constructor de la clase, que se tiene que llamar igual que el nombre de la clase, se inicializan las variables.

- La primera variable, *hostname*, se obtiene de la clase *SampleProperties* que tiene guardado el nombre del lector en la variable *hostname*. Se accede a ella mediante *SampleProperties.hostname*, ya que está definida como pública.
- La variable *con* se declara en un principio como null hasta que después obtenga la conexión a la base de datos.
- Las variables de Antena se declaran en un principio a 0 hasta que después obtengan valor.
- Se inicializa el objeto *ImpinjReader* () y se guarda en la variable *reader*.
- Se llama al método *startConexion* (), el cual se encarga de inicializar la conexión con el lector.
- Se llama al método *startDatabase* (), el cual se encarga de inicializar la conexión con la base de datos, y si este método devuelve false, es que ha habido un error al iniciar la conexión. Saca un mensaje de error y sale del programa con código de error 222.
- Se inicializa la variable *settings*, la cual coge el método *queryDefaultSettings* () del objeto *reader*.
- Se inicializa la variable *report*, la cual coge el método *getReport* () del objeto *settings* previamente creado.

```

21 public LectorImpinj(){//Constructor de la clase
22     hostname=SampleProperties.hostname;//Se le asigna a hostname el nombre del lector que esta en la clase SampleProperties.java
23     con = null;//se inicializa la variable con
24     AntenaSalida=0;//se inicializan las variables Antena
25     AntenaEntrada=0;
26     AntenaAlbaran=0;
27     reader= new ImpinjReader();//Se llama al objeto ImpinjReader para almacenarlo en la variable reader
28     startConexion();//Llama al metodo startConexion() para iniciar la conexion con el lector
29     if (startDatabase() == false) { //llama al metodo startDatabase que devuelve true si se ha conectado con exito
30         System.out.println("Se aborta el programa por no poder conectarse a la base de datos\n");
31         System.exit(222);
32     };
33
34     settings = reader.queryDefaultSettings();//se carga en settings el metodo queryDefaultSettings del objeto reader
35     report=settings.getReport();//se carga en report el metodo getReport del objeto settings
36
37
38     System.out.println("Iniciando...");
39 }

```

Ilustración 11. Constructor clase LectorImpinj

startDatabase(): Este método es de tipo de booleano, y devuelve true o false en función del éxito de la conexión con la base de datos. Esta conexión se hace dentro de un try/catch ya que puede saltar alguna excepción.

- Se inicializa la variable resultado a true.
- Se carga el driver del conector con la instrucción `Class.forName("com.microsoft.sqlserver.jdbc.SQLServerDriver")`;
- Se inicializan los parámetros de la conexión (user, password, database, port) los cuales se introducen dentro de la instrucción `jdbcUrl` para después pasársela como parámetro al método `DriverManager.getConnection (jdbcUrl)`, el cual se encarga de iniciar la conexión con la base de datos. Esta instrucción se guarda dentro de la variable `con`, que posteriormente se utiliza en otra clase para crear las sentencias SQL contra esa conexión. Si la conexión no tiene éxito devuelve false como resultado.

```

41 boolean startDatabase() { //metodo que inicia conexion con la base de datos. Devuelve true o false
42     boolean resultado;
43     resultado = true;
44     try {
45         Class.forName("com.microsoft.sqlserver.jdbc.SQLServerDriver");//se carga el conector
46
47         System.out.println("# - Driver Loaded");
48         String server = "ARAPORTBECA1\\SQLEXPRESS";//Direccion del servidor
49         int port = 50141;//direccion del puerto
50         String user = "rfid"; //nombre de usuario de la b.d
51         String password = "rfid2016";//contraseña de usuario de la b.d
52         String database = "rfid_db";//nombre de la base de datos
53         String jdbcUrl = "jdbc:sqlserver://" + server + ":" + port + ";user=" + user + ";password=" + password + ";databaseName=" + database + "";
54         con = DriverManager.getConnection(jdbcUrl);//se inicia la conexion
55         System.out.println("# - Conexión establecida con la base de datos");
56     } catch (Exception j) {
57         resultado = false;
58         System.out.println("# - Conexión NO establecida");
59     }
60
61     return resultado;
62 }

```

Ilustración 12. Método startDatabase

startConexion() : Este método se encarga de realizar la conexión con el lector mediante la instrucción *reader.connect(hostname)*, donde *hostname* es el nombre del lector, que lo coge de la clase *SampleProperties.java*. Se realiza dentro de un try/catch ya que puede lanzar una excepción de tipo *OctaneSdkException*.

```

65 void startConexion(){ //metodo para iniciar conexion con el lector
66     String hostname = new String(SampleProperties.hostname);
67     try{
68         //Conexion con el lector
69         System.out.println("Conectando con el lector...");
70         reader.connect(hostname);//funcion connect del objeto reader al que se le pasa el nombre del lector
71         System.out.println("Conectado");
72     } catch (OctaneSdkException ex) {
73         System.out.println(ex.getMessage());}
74     }
75

```

Ilustración 13. startConexion

**setReport():** Este método sirve para activar los reportes de información relativa a como ha sido leído el tag (puerto de antena que lo ha leído, los tiempos en los que se ha visto, el rssi que devuelve) . También se indica el modo en el que el lector reporta esta información, que en este caso está configurado a individual.

```

76 void setReport(boolean x){//metodo para activar los reportes. Tiene como argumento un booleano
77
78     ReportConfig report = settings.getReport();
79     report.setIncludeAntennaPortNumber(x);//Setear a true estos campos para que no lleguen a 0.
80     report.setIncludeFirstSeenTime(x);
81     report.setIncludeLastSeenTime(x);
82     report.setIncludeSeenCount(x);
83
84     report.setMode(ReportMode.Individual);//El lector envia cada observacion de un tag como un reporte individual
85
86 }

```

Ilustración 14. Método setReport

**setSettings():** En este método se configuran algunos parámetros del lector, como son el modo de lectura (*AutoSetDenseReader: El lector hace un análisis de las interferencias y ruido RF y automáticamente optimiza la configuración del lector continuamente. Esta es la mejor opción para espacios donde los tags están en movimiento*) y el modo de búsqueda (*SingleTarget o DualTarget*). En este caso DualTarget, ya que el tag se lee con más certeza.

A continuación se invoca el método getAntennas () del objeto settings para posteriormente llamar al método setAntennas y tener ya el método cargado para pasarle la configuración a las antenas.

```

void setSettings(){//metodo para setear los ajustes

    settings.setReaderMode(ReaderMode.AutoSetDenseReader);//El lector hace un analisis de las interferencias y ruido RF :
    //optimiza la configuración del lector continuamente. Esta es la mejor opción para espacios donde los tags estan en
    settings.setSearchMode(SearchMode.DualTarget);
    //settings.setSearchMode(SearchMode.SingleTarget);//El lector realiza inventarios repetidamente desde A hasta B.
    /*try{ // se guarda la configuración en un fichero de texto
        settings.save("C:\\Users\\p.garde.paniagua\\Desktop\\hola.txt");
    }catch (IOException ex){
        System.out.println(ex);
    }*/
    antennas = settings.getAntennas();
    antennas.disableAll();
}

```

Ilustración 15. Método setSettings

setAntennas(): Este método se encarga de pasar los parámetros de configuración a la antena. Dichos parámetros son:

- Puerto de antena
- Sensibilidad de recepción
- Potencia de transmisión
- Valor de potencia de transmisión en Dbm activado a true
- Valor de sensibilidad en recepción en Dbm activado a true.

```

103 void setAntennas(short antenaPuerto,boolean rxSens, boolean txPower, double txPowerinDbm, double rxSensinDbm ) throws OctaneSdkExcepti
104
105     System.out.println(antenaPuerto);
106     //System.out.println(antennas.getAntenna(antenaPuerto).getPortNumber());
107
108     antennas.enableById(new short[] {antenaPuerto});System.out.println("1 - "+antenaPuerto);
109     antennas.getAntenna((short) antenaPuerto).setIsMaxRxSensitivity(rxSens);System.out.println("2 - "+antenaPuerto);
110     antennas.getAntenna((short) antenaPuerto).setIsMaxTxPower(txPower);System.out.println("3 - "+antenaPuerto);
111     antennas.getAntenna((short) antenaPuerto).setTxPowerinDbm(txPowerinDbm);System.out.println("4 - "+antenaPuerto);
112     antennas.getAntenna((short) antenaPuerto).setRxSensitivityinDbm(rxSensinDbm);System.out.println("5 - "+antenaPuerto);
113
114 }

```

Ilustración 16. Método setAntennas

setEventoLectura(): Este método se encarga de llamar a la clase TagReportListenerImplementation() y de pasarle a los métodos setValue y setConexionDatabase dos parámetros. A setValue se le pasa como parámetro la antena que está configurada como AntenaSalida y a setConexionDatabase la variable con que contiene la conexión a la base de datos.

A continuación se le pasan al lector los ajustes realizados y se inicia la lectura. Si se pulsa la tecla Enter el lector deja de leer.

```

116 void setEventoLectura() throws OctaneSdkException{
117     TagReportListenerImplementation evento=new TagReportListenerImplementation();
118
119     evento.setValue(AntenaSalida);//se le pasa al metodo setValue de la clase TagReportListenerImplementation el valor del puerto de AntenaSalida
120     evento.setConexionDatabase(con);//se le pasa al metodo setConexionDatabase el conector a la base de datos
121     reader.setTagReportListener(evento); //llamada a la clase TagReportListenerImplementation
122
123     System.out.println("Aplicando configuración");
124     reader.applySettings(settings);//Se aplican los ajustes
125     System.out.println("Starting");
126     reader.start();//El lector inicia la lectura
127
128     System.out.println("Pulsa Enter para salir");
129     Scanner s = new Scanner(System.in);
130     s.nextLine();
131
132     reader.stop();//en caso de pulsar Enter la lectura se detiene y el lector se desconecta
133     reader.disconnect();
134 }

```

Ilustración 17. Método setEventoLectura

CargarConfiguración (): Este método sirve para leer el fichero de configuración de las antenas. En ese fichero se describe que puerto de antena se corresponde con cada antena, es decir, la función que realiza cada antena se identifica con un puerto en el lector.

La variable archivo contiene la ruta del archivo de configuración. A continuación se procede a leer línea a línea el fichero separando los parámetros por un igual. La primera línea del fichero siempre contiene el número de puerto asociado a la antena de salida, la segunda línea a la antena de entrada y la tercera línea a la antena encargada de albaranar. Al hacer el Split con el "=", en partes [0] queda almacenado el nombre de la variable y en partes [1] el indicador del puerto de antena.

```

135 //método para cargar la configuración de las antenas y asignar a cada antena un puerto
1360 void CargarConfiguración(){
137     File archivo = null; //se declaran las variables
138     FileReader fr = null;
139     BufferedReader br = null;
140     try{
141         archivo = new File ("C:\\Configuración.txt");//se indica la ruta del fichero y se guarda en archivo
142         fr = new FileReader (archivo);//se lee el archivo línea a línea
143         br = new BufferedReader(fr);
144         int contador=0;
145         String linea;
146         String[] partes = null;
147         while((linea=br.readLine())!=null){//mientras haya líneas para leer...
148             contador++; //variable que lleva el contador de las líneas
149             partes=linea.split("="); //se separa cada línea por un igual
150             switch (contador){ // según en que línea estamos... (La primera línea del archivo siempre es para AntenaSalida, la segunda para Ant
151                 case 1 : AntenaSalida=Integer.parseInt(partes[1]);break; //Se le asigna a AntenaSalida el valor del puerto que está detrás del 1
152                 case 2 : AntenaEntrada=Integer.parseInt(partes[1]);break;
153                 case 3 : AntenaAlbaran=Integer.parseInt(partes[1]);break;
154             }
155         }
156         System.out.println("AntenaSalida:"+AntenaSalida +"\\t AntenaEntrada:"+AntenaEntrada +"\\t AntenaAlbaran:"+AntenaAlbaran);
157
158     }catch(Exception e){
159         e.printStackTrace();
160     }finally{
161         // En el finally cerramos el fichero, para asegurarnos
162         // que se cierra tanto si todo va bien como si salta
163         // una excepción.
164         try{
165             if( null != fr ){
166                 fr.close();
167             }
168         }catch (Exception e2){
169             e2.printStackTrace();
170     }

```

Ilustración 18. Método CargarConfiguración

Método main(): Este método es donde se desarrolla la ejecución del programa y va llamando al resto de métodos para que se lleven a cabo.

En primer lugar se crea el objeto lector, y sobre este objeto se llama a los siguientes métodos en este orden:

- CargarConfiguracion()
- setReport()
- setSettings()
- setAntennas(): Este método habrá que invocarlo tantas veces como antenas se quiera configurar. Se le pasan los parámetros de configuración a la hora de invocarlo. Se realiza dentro de un try/catch ya que puede lanzar alguna excepción a la hora de configurar las antenas.
- setEventoLectura ()

La conexión con el lector y con la base de datos se invocan en el constructor de la clase (public Lectorimpinj()).

```

178 public static void main(String[] args) {
179     //Cargar configuracion
180
181     LectorImpinj lector = new LectorImpinj();//se crea el objeto lector de la clase Lectorimpinj
182     lector.CargarConfiguracion();//se llama al metodo CargarConfiguracion del objeto lector
183     lector.setReport(true);//se llama al metodo setReport del objeto lector y se le da como argumento el valor true
184     lector.setSettings();//se llama al metodo setSettings del objeto lector
185
186
187     System.out.println("in: "+lector.AntenaEntrada+"\tOut: "+lector.AntenaSalida);
188     try{//se llama al metodo setAntennas y se le pasa los parametros de entrada
189
190         lector.setAntennas((short)lector.AntenaEntrada, false, false, 30.0, -70.0);
191         lector.setAntennas((short)lector.AntenaSalida, false, false, 30.0, -70.0);
192         //lector.setAntennas((short)lector.AntenaSalida, true, true, 30.0, -70.0);
193         //lector.setAntennas((short)lector.AntenaAlbaran, true, true, 30.0, -70.0);
194         lector.setEventoLectura();
195     } catch (OctaneSdkException ex) {
196         System.out.println(ex.getMessage());
197         System.exit(0);
198
199     } catch (Exception ex) {
200
201         System.out.println(ex.getMessage());
202         ex.printStackTrace(System.out);
203         System.exit(0);
204     }
205
206 }
207
208 }

```

Ilustración 19. Método main

### b. Clase `SampleProperties.java`

`SampleProperties.java`: En esta clase se define el nombre del lector al cual conectarse y otras posibles variables referidas al lector que en este caso no se van a utilizar.

```
package lector;

public class SampleProperties {

    public static String hostname = "SpeedwayR-10-cb-8a.local";
    //public static String targetTag = "targetTag";
    //public static String qtMode = "qtMode";
    //public static String powerDbm = "powerdBm";
    //public static String sensitivityDbm = "sensitivityDbm";
    //public static String targetUser = "targetUser";
}
```

Ilustración 20. Clase `SampleProperties.java`

### c. Clase `TagReportListenerImplementation.java`

`TagReportListenerImplementation.java`: Cada vez que se genera un evento de lectura, `lectorImpinj.java` llama a esta clase, la cual se encarga de procesar los datos e insertarlos en la tabla Lecturas de la base de datos. El primer paso es conectarse a la base de datos local con usuario y contraseña y procesa cada tag que lee insertándolo de una forma o de otra a la base de datos, es decir, haciendo un INSERT si en la tabla si el tag no ha sido leído previamente o haciendo un UPDATE si el tag ya ha sido leído una vez de la fila de la tabla del tag que ya ha sido leído.

En la siguiente foto se muestra como esta clase recibe el valor del puerto de la antena de salida a través del método `setValue(int x)` y la conexión con la base de datos para poder realizar las consultas a través del parámetro `c` con el método `setConexionDatabase(Connection c)`.

Se genera el método public void onTagReported (Impinjreader reader, TagReport report) el cual se encarga de recibir el report y procesar los tags leídos.

```

1 //package com.example.sdksamples;
2 package lector;
3
4 import com.impinj.octane.*;
5 //Clase que procesa los tags y los inserta a la base de datos
6 public class TagReportListenerImplementation implements TagReportListener {
7
8     int AntenaSalida;
9     Connection con;
10
11     TagReportListenerImplementation(){//Constructor de clase que inicializa la variable AntenaSalida
12         AntenaSalida=0;
13     }
14
15     void setValue(int x){//metodo setValue que recibe el valor del puerto para configurar como AntenaSalida
16         AntenaSalida=x;
17     }
18
19     void setConexionDatabase(Connection c) {//metodo setConexionDatabase que recibe el valor del conector
20         con = c;
21     }
22
23     @Override
24     public void onTagReported(ImpinjReader reader, TagReport report) {//metodo que procesa cada lectura
25         List<Tag> tags = report.getTags(); //Tags es un array de tags
26
27         try {
28             java.util.Date today = new java.util.Date();//Variable today para almacenar la fechas y hora en la
29

```

#### Ilustración 21. Clase TagReportListenerImplementation

Al principio del método se obtienen los tags leídos a través del método getTags() de report y se almacenan en una lista de tipo Tag.

Todo el procesado se hace dentro de un try/catch ya que puede generar algún tipo de excepción.

Para cada tag que se procesa se pinte por pantalla el código EPC del tag y también “Sentencia creada” una vez se ha establecido la declaración.

El código comentado se utilizó en un primer momento para realizar pruebas de medida con las 4 antenas con el objetivo de ver que antenas leían más y que los 4 puertos de antena del lector funcionaban correctamente. Se crearon 4 tablas auxiliares en la base de datos para que se insertara en una tabla u otra según el puerto de

antena por el que se leía. Así se comprobó el correcto funcionamiento de los 4 puertos del lector.

```

26     public void onTagReported(ImpinjReader reader, TagReport report) { //metodo que procesa cada lectura
27         List<Tag> tags = report.getTags(); //Tags es un array de tags
28
29         try {
30             java.util.Date today = new java.util.Date(); //Variable today para almacenar la fechas y hora en la
31
32             for (Tag t : tags) { //Para cada tag que lee..
33                 System.out.println(" EPC: " + t.getEpc().toString()); //Saca por pantalla el EPC del
34
35                 //Segun la antena que lea el tag se inserta en una tabla u otra. (Tablas auxiliares)
36                 //Cada tabla corresponde con una antena
37                 System.out.println(con.toString());
38                 Statement stmt = con.createStatement(); //Se crea la declaración con la base de datos
39                 System.out.println("# - Sentencia creada");
40                 /* if(t.getAntennaPortNumber()==1){
41                     stmt.executeUpdate("INSERT INTO LecturasA1 " + "VALUES ( '"+t.getEpc().toString()+
42                         System.out.println("#"+t.getAntennaPortNumber()+"# - Lectura añadida a la base de
43                 }
44
45                 if(t.getAntennaPortNumber()==2){
46                     stmt.executeUpdate("INSERT INTO LecturasA2 " + "VALUES ( '"+t.getEpc().toString()+
47                         System.out.println("#"+t.getAntennaPortNumber()+"# - Lectura añadida a la base de
48                 }
49                 if(t.getAntennaPortNumber()==3){
50                     stmt.executeUpdate("INSERT INTO LecturasA3 " + "VALUES ( '"+t.getEpc().toString()+
51                         System.out.println("#"+t.getAntennaPortNumber()+"# - Lectura añadida a la base de
52                 }

```

Ilustración 22. Método onTagReported

En la siguiente foto se muestra como se procesan los tags. Lo primero es comprobar si el tag que se acaba de leer esta ya o no en la base de datos. Esta comprobación se hace mediante un SELECT a la tabla Lecturas buscando el código EPC de la etiqueta que se está leyendo.

Si la consulta no devuelve nada significa que el tag no se ha leído nunca y por lo tanto se va a insertar en la base de datos de la siguiente forma:

- Campo EPC con el código EPC de la etiqueta
- Campo Antena1 con el número de puerto por el que ha sido leído la antena en un primer momento.
- Campo Antena2 se rellena con un 0 ya que aún no ha sido leído por una segunda antena.
- Campo Tiempo1 con la hora en la que el tag ha sido leído
- Campo Tiempo2 se establece a null ya que aún no ha sido leído por segunda vez
- Campo Sentido se establece a NO ya que al no ser leído por dos antenas no se puede saber aún el sentido del tag.

Si la consulta devuelve la fila del tag que se está procesando significa que el tag ya ha sido leído previamente por una antena, por lo que se procede a realizar un UPDATE de la fila del código EPC que se está leyendo.

Se mantienen iguales los campos que se han insertado en un primer momento excepto Antena2 que se establece con el puerto de la antena que está leyendo el tag en segundo lugar, Tiempo2 que se establece con la hora en la que el tag ha sido leído por segunda vez y el campo Sentido que según sea el orden de lectura de las antenas será de entrada o de salida (si primero lee la antena de salida y luego la de entrada, el sentido será de entrada, y al revés, será de salida).

```

58 //Comprobar si existe el código del tag que se acaba de leer
59 ResultSet rs = stmt.executeQuery("SELECT * FROM Lecturas WHERE EPC = '"+t.getEpc().toString()+"");
60
61 if (rs.next()){ // si no existe se inserta el código con la antena1 y tiempo1 en la tabla lecturas
62
63     stmt.executeUpdate("INSERT INTO Lecturas " + "VALUES ( '"+t.getEpc().toString()+"','"+t.getAntennaPortNumber()+"','0', CURRENT_TIMESTAMP,null,'NO' );");
64 } else { // si existe se actualiza la fila de la base de datos que corresponde al código actual con tiempo2, antena2 y sentido
65     //if de si ya se ha insertado completamente para no estar continuamente actualizando.
66     try{//Se hace un update de la fila de la tabla lecturas
67
68         String updateTableSQL = "UPDATE Lecturas SET EPC = ?,Antena1 = ?,Antena2 = ?,Tiempo1 = ?, Tiempo2 = ?, Sentido = ? WHERE EPC = ?";
69
70         PreparedStatement preparedStatement = con.prepareStatement(updateTableSQL);//se prepara la sentencia SQL
71         preparedStatement.setString(1, t.getEpc().toString());//se actualiza con el valor del tag actual que coincide con el anterior(el del SELECT)
72         preparedStatement.setInt(2, rs.getInt(2));//se actualiza con el valor del puerto de antena de la consulta SELECT
73         preparedStatement.setInt(3, t.getAntennaPortNumber());//se actualiza con el valor del puerto de antena que ha leído en segunda instancia el mismo
74         preparedStatement.setTimestamp(4, rs.getTimestamp(4));//se actualiza con el mismo valor de fecha y hora de la consulta SELECT
75         preparedStatement.setTimestamp(5, new Timestamp(today.getTime()));//se actualiza con el valor de fecha y hora a la hora de leer el tag por segunda
76         if(t.getAntennaPortNumber()== AntenaSalida ) preparedStatement.setString(6,"Salida");//Si la segunda vez que lee el tag se lee por el puerto de an
77         else preparedStatement.setString(6,"Entrada");//AntenaSalida el sentido sera de salida, sino de entrada
78         preparedStatement.setString(7, t.getEpc().toString());//Condicion WHERE del UPDATE para buscar el tag actual
79
80         preparedStatement.executeUpdate();//Se ejecuta el UPDATE
81
82
83     }catch (SQLException se){
84         se.printStackTrace(System.out);
85         throw se;
86     }
87
88
89

```

Ilustración 23. Inserción del tag a la base de datos

La siguiente foto muestra una serie de condicionales en los que sí está activada a true la recepción de esos campos en la configuración del lector, se muestre por pantalla la información de esos campos para cada tag. En este caso, está configurado para que se muestren los siguientes campos:

- AntennaPortNumber
- FirstSeenTime
- LastSeenTime
- SeenCount
- PeakRssi [4]

```
91     if (reader.getName() != null) {
92         System.out.print(" Reader_name: " + reader.getName());
93     } else {
94         System.out.print(" Reader_ip: " + reader.getAddress());
95     }
96
97     if (t.isAntennaPortNumberPresent()) {
98         System.out.print(" Antena: " + t.getAntennaPortNumber());
99     }
100
101     if (t.isFirstSeenTimePresent()) {
102         System.out.print(" first: " + t.getFirstSeenTime().ToString());
103     }
104
105
106
107     if (t.isLastSeenTimePresent()) {
108         System.out.print(" last: " + t.getLastSeenTime().ToString());
109     }
110
111     if (t.isSeenCountPresent()) {
112         System.out.print(" count: " + t.getTagSeenCount());
113     }
114
115     if (t.isRfDopplerFrequencyPresent()) {
116         System.out.print(" doppler: " + t.getRfDopplerFrequency());
117     }
118
119     if (t.isPeakRssiInDbmPresent()) {
120         System.out.print(" peak_rssi: " + t.getPeakRssiInDbm());
121     }
122 }
```

Ilustración 24. Muestra de datos por pantalla

## 14. Pruebas de medida

### I. Primeras medidas con analizador de espectros sobre una mesa

En esta primera prueba se ha colocado una antena sobre una mesa y se ha ido midiendo la potencia recibida en diferentes puntos de la mesa para comprobar la cobertura de las antenas y ver posibles zonas en las que el tag no va a ser leído.

Los parámetros con los que se ha configurado la antena en esta primera medida han sido:

- Potencia de transmisión: 30 Dbm
- Sensibilidad en recepción: -70 Dbm

Los parámetros con los que se ha configurado el analizador de espectros han sido:

- Frecuencia central en 865.7 MHz
- Filtro de ancho de banda de resolución: 1KHz
- Filtro de ancho de banda de video: 10 KHz
- Span: 500 KHz

A partir de aquí se ha comenzado a realizar las medidas primero en línea recta y después sobre una matriz de 26 puntos.

#### a. Medidas en línea recta

Se ha medido en 5 puntos sobre una línea recta alineada con el centro de la antena y se ha comprobado la potencia recibida en cada punto (cada 20 cm). A continuación se muestra el Maxhold recibido en cada punto:

- 20 cm: -10.52Dbm
- 40 cm: -9.26 Dbm
- 60 cm: -10.89Dbm
- 80 cm: -12.6 Dbm
- 100 cm: -17.4 Dbm

La distancia a la que es capaz la antena de detectar la etiqueta es de unos 3 metros.

### **b. Medidas sobre una matriz**

Se ha medido en 26 puntos la potencia recibida en cada uno de ellos y el RSSI que envía el tag. Los puntos de medida se han colocado cada 20 cm tanto a la izquierda como a la derecha y hacía delante. A continuación se muestra los resultados obtenidos.



**Ilustración 25. Medidas de potencia en cada punto de la matriz**

		Antena emitiendo			
[-60,0]	[-40,0]	[-20,0]	[20,0]	[40,0]	[60,0]
- 23.35Dbm RSSI:-69	- 19.65Dbm RSSI:-67	- 10.35Dbm RSSI:-67.5	- 26.39Dbm RSSI:-62.5	- 22.78Dbm RSSI:-58	- 25.13Dbm RSSI:X
[-60,20]	[-40,20]	[-20,20]	[20,20]	[40,20]	[60,20]
-18.6Dbm RSSI:-65	- 15.03Dbm RSSI:-50	-8.97Dbm RSSI:-44	- 20.16Dbm RSSI:-41	- 28.45Dbm RSSI:-51.5	- 22.22Dbm RSSI:--- 66.5
[-60,40]	[-40,40]	[-20,40]	[20,40]	[40,40]	[60,40]
- 17.20Dbm RSSI:-62	- 12.76Dbm RSSI:-53	- 11.29Dbm RSSI:-39	- 17.26Dbm RSSI:-49	-23.49 RSSI:-47	- 29.96Dbm RSSI:-61
[-60,60]	[-40,60]	[-20,60]	[20,60]	[40,60]	[60,60]
- 17.63Dbm RSSI:-54	- 13.12Dbm RSSI:-53.5	- 10.81Dbm RSSI: (Solo si acerco la mano cerca) -62	- 20.56Dbm RSSI:-59	- 25.87Dbm RSSI:-62	-30.11 RSSI:-50.5
		[-20,80]	[20,80]		
		- 12.95Dbm RSSI:-53.5	- 22.47Dbm RSSI:-57.5		

**Tabla 3. Medidas de potencia sobre matriz**

A la vista de los resultados obtenidos, se observa que la posición y la orientación de la antena son fundamentales a la hora de cubrir toda el área de lectura.

La zona de la izquierda recibe mucha mejor potencia que la de la derecha debido a la directividad de la antena.

## II. Medidas realizadas en la zona de carga donde se va a colocar las antenas

### a. Interferencias detectadas

Con la ayuda de un analizador de espectros, se ha capturado el espectrograma del lugar obteniéndose el siguiente resultado.

Se observa que no hay ninguna interferencia en la banda que se está trabajando, en torno a 867 Mhz.

### b. Niveles de potencia recibida en diferentes puntos del muelle

Para realizar dichas medidas se ha colocado una antena en el lateral del muelle a una altura de 2.70m orientada hacia el suelo con un ángulo de 25°.

Las medidas de potencia (Dbm) se han capturado en diferentes puntos y alturas. Cada celda de la tabla tiene el siguiente formato:

Lado de la pared del muelle		Bajo		1.5m		2m
Lado del pasillo		Bajo		1.5m		2m

**Tabla 4. Referencia de medidas para tabla 5**

	Pasillo	-45.45   -44   -52
		-47.09   -50   -56.88
		-45.16   -59   -48.2
-44.37   -46.11   -55.9		-49.2   -44.3   -45.3
-44.5   -50.8   -56.38		

**Tabla 5. Medidas de potencia recibidas en los extremos del pasillo**

Se observa que con una antena no es suficiente para cumplir el ancho del pasillo, que es de 5 metros, por lo que es necesario colocar una antena a cada lado del pasillo para garantizar la lectura de todas las etiquetas que pasen por la zona del muelle de carga.

### c. Niveles de potencia recibida sobre cajas de polipropileno

Para realizar dichas medidas se ha colocado una antena en posición vertical a una altura de 1 metro situada en un lateral del muelle junto a la pared.

Las cajas de polipropileno se han colocado sobre una mesa de altura 75cm y a una distancia de 2 metros de la antena. Estas cajas de polipropileno tienen unas dimensiones de 60x40x20 y son de la serie Athena de Foumi Referencia 6422.



**Ilustración 26. Cajas de polipropileno**

La etiqueta se ha colocado en el centro de los lados de la caja que están situados enfrente de la antena.

Caja de arriba -42.28 / -40.87 (Parte de atrás de la caja)
Caja de abajo -42.75 / -31.39 (Parte de atrás de la caja)

Cuando la etiqueta se ha colocado en los otros dos laterales de la caja (lado que da a la nave y lado que da al camión) los valores de potencia recibida son los siguientes:

Caja de arriba -45.75 / -43.95 (Parte que da a la nave)
Caja de abajo -41.5 / -36.08 (Parte que da a la nave)

#### d. Otras pruebas de medida

Se ha comprobado la correcta lectura de la etiqueta a diferentes velocidades y situada en diferentes puntos de la caja, llegando a estar colocada entre dos cajas.

El lector es capaz de realizar varias lecturas a la vez de diferentes tags situados sobre la misma caja, con el fin de garantizar todas las posibles lecturas simultáneas que pasen por la zona de lectura.

## 15. Presupuesto

Se adjunta el presupuesto con la impresora, las etiquetas y la cinta. En el presupuesto no aparecen ni las antenas ni el lector, ya que ambos fueron adquiridos en 2013 por Tasubinsa a otra empresa.

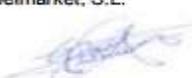
	<b>label market</b> IDENTIFICATION & LABELING			
<b>OFERTA</b>				
<b>CIF Cliente / N° Cliente</b> A31257868 / C001709 <b>N° Oferta / Fecha</b> 5327 / 31/03/2016 <b>Oferta válida hasta</b> 30/04/2016 <b>Condiciones de pago</b> 60 días <b>Empleado dto. de ventas</b> David Gutierrez Ronda <b>Plazo entrega (tras aceptación):</b> 2-3 semanas.	<b>Dirección de OFERTA</b> Tasubinsa S.A. C/ C - Naves 9 y 11 Poligono Industrial Arazuri-Orcoyen 31170 Arazuri  <b>Persona de contacto</b> Sr. Pablo Garde			
		Página 1 de 1		
<b>Detalle de la oferta</b>				
<b>#</b>	<b>Referencia / Artículo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>
1	3000699 Impresora Sato CL4NX 203 Dpi RFID UHF	1	2.995,00 EUR 15 % dto.	2.545,75 EUR
2	6000185 Et. 100x80/1 In-190 Papel blanco couché / Adh. permanente. RFID-UHF Gen2	50	129,71 EUR	6.485,50 EUR
3	2000588 Cinta LM100-In 110 mm x 450 m	10	6,68 EUR	66,80 EUR
4	Precio por millar de etiquetas (total 50.000) con tag insertado RFID UHF Gen2 de lectura/escritura que puede leerse a más de 2 metros de distancia (en función del lector, antenas, etc.).			
5	La oferta no incluye instalación de la máquina ni soporte. Que podrían valorarse a parte.			
<b>Subtotal</b>				<b>9.098,05 EUR</b>
<b>Total (IVA no incluido)</b>				<b>9.098,05 EUR</b>
<b>Portes:</b>	Pagados Condiciones FOB			
<b>Garantía:</b>	La ofrecida por el fabricante			
<b>Observaciones:</b>	En caso de estar interesado en otro tipo de envío, por favor, consulte con su comercial. Portes pagados para entregas de más de 480 euros.			
Sello y Firma Aceptación			Labelmarket, S.L.	
				
			David Gutierrez Ronda	

Ilustración 27. Presupuesto LabelMarket

## 16. Conclusiones y futuras implementaciones

A lo largo de este estudio se ve cómo la tecnología RFID se va haciendo realidad y se coloca como postulante a tecnología de amplias posibilidades de utilización en varios sectores de la industria.

No se espera que en un futuro inmediato se sustituya el código de barras por la tecnología RFID, pero ciertamente, esta tecnología es más eficiente en términos de coste, gracias al valor añadido que supone la facilidad y rapidez en la lectura y su mejor integración con los sistemas de información existentes, infiriendo en todo esto en un ahorro del tiempo del personal dedicado a tareas fácilmente automatizables, así como la minimización de pérdidas y errores en la lectura. Considero que esta tecnología es casi perfecta para controlar el estado de los productos dentro de cualquier organización.

Se prevé que el código de barras y la tecnología RFID coexistan en el tiempo, ya que aun no existe un estándar único a nivel mundial. Otra razón de peso es el coste de la implantación, que es elevado.

A nivel personal, gracias a este proyecto he podido familiarizarme con una tecnología nueva para mí, de la que he aprendido todas las bases de su funcionamiento y componentes. Además, he tenido la posibilidad de trabajar con hardware RFID en primera persona y comprobar su funcionalidad.

Al tener que desarrollar el software de lectura para el lector RFID del que disponía, he aprendido a ser algo autodidacta a la hora de enfrentarme a un problema nuevo y a utilizar conocimientos ya adquiridos en la carrera en cuanto a programación Java.

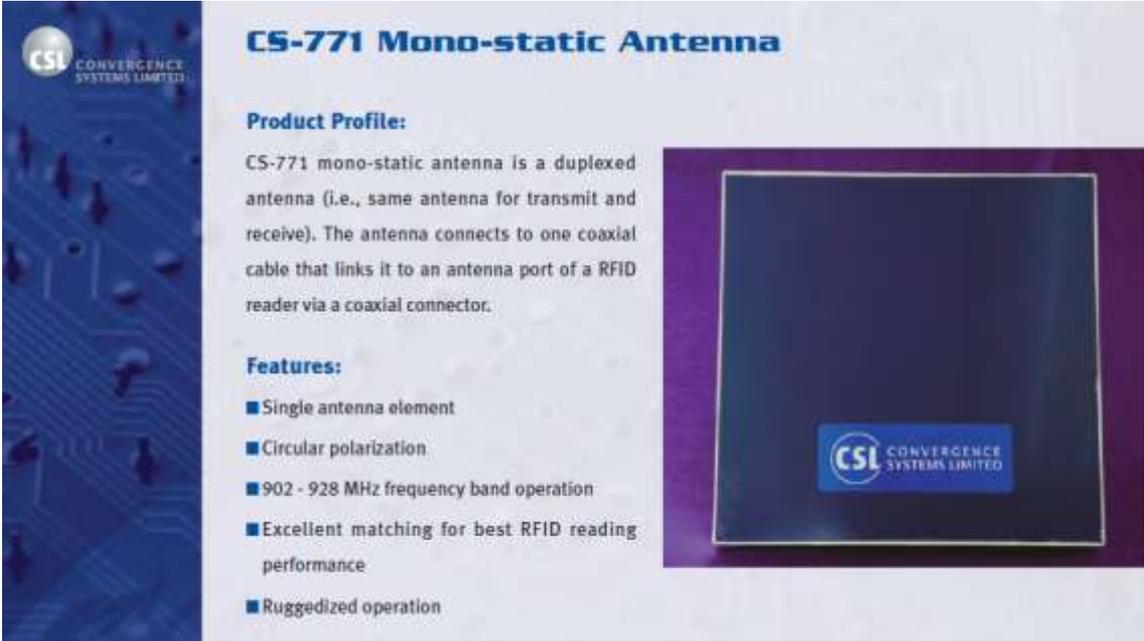
En mi opinión, el único aspecto negativo a la hora de usar esta tecnología es la posible pérdida de puestos de trabajo, ya que gracias a las antenas y el lector, se suprimiría el personal humano encargado de leer los pedidos a mano. En cambio, para las empresas, a lo largo, supondría un ahorro de salarios en personal.

Como futuras implementaciones, cabe destacar que el sistema de gestión (ERP) de Tasubinsa se lo lleva una consultora (Iniker), con lo que no he podido echar mano yo al ERP.

Dicha consultora es la encargada de integrar los datos de la base de datos al sistema. Como no les había tocado nunca nada a acerca de esto, sigo coordinándome con el responsable de iniker en este tema para lograr la implementación.

## 17. Anexos

### Antena CS-771



**CS-771 Mono-static Antenna**

**Product Profile:**  
 CS-771 mono-static antenna is a duplexed antenna (i.e., same antenna for transmit and receive). The antenna connects to one coaxial cable that links it to an antenna port of a RFID reader via a coaxial connector.

**Features:**

- Single antenna element
- Circular polarization
- 902 - 928 MHz frequency band operation
- Excellent matching for best RFID reading performance
- Ruggedized operation

**Specifications:**

Physical Characteristics:	Length: 30 cm; Width: 30 cm; Height: 4 cm Weight: 5 lbs
Mounting:	2 x 2 mounting stud, horizontal separation 5.875 inches, vertical separation 2.75 inches, 1/4 x 0.625 inch studs with 20 threads/inch threading
Environment:	Operating Temp: -20°C to 55°C (-4°F to 131°F) Storage Temp: -40°C to 85°C (-40°F to 185°F) Humidity: 5% to 95% relative, non-condensing
Frequency Range:	800 MHz or 900 MHz band
Polarization:	RHCP or LHCP
Axial Ratio:	Less than 2dB
Peak Linear Gain:	6dBil
Front-to-back Ratio:	20dB
Gain Flatness:	0.5 dB
Beamwidth (3 dB):	54 degrees
Impedance:	50 ohms
Return Loss:	Better than 20 dB down
Input Power:	10 Watts
ESD:	10 kV (no ESD sensitive components)
Order Code:	LHCP: CS-771-L-P ; RHCP: CS-771-R-P (P=1 : 865-869 MHz; P=2 : 902-929 MHz; P=3 : 950-956 MHz)

## Lector Impinj R420



### Speedway® Revolution & xPortal Readers

PRODUCT DETAILS	SPEEDWAY R420	SPEEDWAY R220	xPORTAL
Protocolo de Aerea	EPCglobal UHF Class 1, Generation 2 / ISO 18000-6C		
Regiones Soportadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• USA, Canada y otras regiones que soporten US FCC Part 15 regulación (902-928 MHz).</li> <li>• Europa y otras regiones que soporten ETSI v1.2.1 (865-868 Mhz).</li> <li>• Brasil, Uruguay</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• USA, Canada y otras regiones que soporten US FCC Part 15 regulación (902-928 MHz).</li> <li>• Europa y otras regiones que soporten ETSI v1.2.1 (865-868 Mhz).</li> </ul>
Antenas	4 Antenas Monostaticas de alto rendimiento	2 Antenas Monostaticas de alto rendimiento	Dual Linear Phased Array (DLPA)
Potencia de Emision	+10.0 a 30.0 dBm (PoE) +10.0 a 32.5 dBm (External Universal Power Supply)		
Comunicacion Celular*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sierra Wireless AirLink PinPoint XT (Comunicación de datos por CDMA o GSM con GPS)</li> <li>• Sierra Wireless Raven XT (CDMA o GSM)</li> <li>• Disponible solo a través de partners autorizados</li> </ul>		
Puertos USB	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puerto USB 1.1 (Tipo B) y Host (Tipo A)</li> <li>• Puerto USB Virtual Puerto Serial COM para aplicaciones embebidas</li> </ul>		
Aplicacion de Interfaz	EPCglobal Low Level Reader Protocol (LLRP) v1.0.1		
Conectividad de Red	10/100 Base T		
Configuracion de Red	DHCP, Static or Link Local Addressing (LLA) con Multicast DNS (mDNS)		
Plataforma de Configuracion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impinj Web Management UI</li> <li>• Impinj RShell Management Console using serial Management Console Port, Telnet or SSH</li> <li>• SNMPv2 MIBII EPC Global Reader Management v1.0.1</li> <li>• Syslog</li> </ul>		
Alimentacion Electrica	Power over Ethernet (PoE) IEEE 802.3 af +24 VDC @ 800mA a través de fuente de poder universal.		
Sellado	IEC IP52		
Dimensiones/Peso	19 x 17,5 x 3cm / 24.5 oz		77,5 x 22,2 x 5cm / 3 Kg
La temperatura de funcionamiento	-20C a +50C		

# Impresora Sato CL4NX

## INFORMACIÓN TÉCNICA

ESPECIFICACIONES DE IMPRESIÓN		CL4NX		
Método de impresión	Térmico directo o transferencia térmica			
Resolución de impresión	8 puntos / mm (203 ppp)	12 puntos / mm (305 ppp)	24 dots / mm (609 ppp)	
Velocidad máxima de impresión	10 ips (254 mm/s)	8 ips (203 mm/s)	6 ips (152 mm/s)	
Área máxima de impresión	Ancho, mm (pulgadas)	104 mm (4,1")		
	Longitud, mm (pulgadas)	2500 mm (98,43")	1500 mm (59,1")	400 mm (15,7")
Procesador	CPU dual y SO dual: CPU 1: 2GB ROM, 256MB RAM para Linux, CPU 2: 4MB ROM, 64 MB RAM para ITRON			
Memoria de la impresora	2GB ROM, 256MB RAM			
ESPECIFICACIONES DE CONSUMIBLES (se recomienda utilizar suministros de impresora fabricados o certificados por SATO)				
Tipo de sensor	I-Mark sensor (reflectivo), Label Gap sensor (transmisivo)			
Tipo de material	Etiquetas recortadas enrolladas o en abanico, papel simple en la cara de impresión, sintético y existencias continuas			
Grosor de material	0,06 - 0,26 mm (0,002" a 0,01")			
Forma de la etiqueta	Diámetro	Máximo 220 mm (8,6") en 76 mm (3") de diámetro interno Diámetro interno: Ø 76 mm (3,0"), Ø 101 mm (4,0")		
Dirección del enrollado	Hacia adentro / hacia afuera, sin necesidad de realizar cambios en los ajustes			
	Tamaño de etiqueta			
Continuo	Ancho	de 22 a 128 mm (de 0,87" a 5,0")	de 22 a 128 mm (de 0,87" a 5,0")	de 22 a 128 mm (de 0,87" a 5,0")
	Longitud	de 6 a 2497 mm (de 0,24" a 98,3")	de 6 a 1497 mm (de 0,24" a 58,9")	de 6 a 397 mm (de 0,24" a 15,6")
Precortado	Ancho	de 22 a 128 mm (de 0,87" a 5,0")	de 22 a 128 mm (de 0,87" a 5,0")	de 22 a 128 mm (de 0,87" a 5,0")
	Longitud	de 17 a 2497 mm (de 0,24" a 98,3")	de 17 a 1497 mm (de 0,24" a 58,9")	de 17 a 397 mm (de 0,24" a 15,6")
Guillotina	Ancho	de 22 a 128 mm (de 0,87" a 5,0")	de 22 a 128 mm (de 0,87" a 5,0")	de 22 a 128 mm (de 0,87" a 5,0")
	Longitud	de 17 a 2497 mm (de 0,24" a 98,3")	de 17 a 1497 mm (de 0,24" a 58,9")	de 17 a 397 mm (de 0,24" a 15,6")
Dispensador	Ancho	de 22 a 128 mm (de 0,87" a 5,0")	de 22 a 128 mm (de 0,87" a 5,0")	de 22 a 128 mm (de 0,87" a 5,0")
	Longitud	de 27 a 397 mm (de 0,67" a 15,6")	de 27 a 397 mm (de 0,67" a 15,6")	de 27 a 397 mm (de 0,67" a 15,6")
Linerless	Ancho	de 32 a 128 mm (1,3" a 5,0")	de 32 a 128 mm (1,3" a 5,0")	de 32 a 128 mm (1,3" a 5,0")
	Longitud	de 30 a 120 mm (1,2" a 4,9")	de 30 a 120 mm (1,2" a 4,9")	de 30 a 120 mm (1,2" a 4,9")
Cinta	Tamaño	Longitud máx.: de 600 m (1969'). La longitud máxima será 450 m (1476") cuando el ancho de la cinta es 39,5 mm. Diámetro máximo de rollo: 90 mm (3,5"), Ancho de cinta: de 39,5 mm (1,55") a 128 mm (5,04")		
	Otro	Diámetro interno: Ø 25,4 mm (1"), Dirección del enrollado: Hacia adentro/hacia afuera, sin necesidad de realizar cambios en los ajustes		
TIPOS DE LETRA / SÍMBOLOS				
Tipos de letra internos	Mapa de bits estándar	U, S, M, WB, WL, XS, XU, XM, XB, XL, OCR-A, OCR-B		
	Tipos de letra TTF	CG Times, CG Triumvirate, Sato Gamma (negrita, cursiva, negrita cursiva), Sato Vica (negrita, cursiva, negrita cursiva), Sato Folio Bold, Sato Vica Light Condensed, Sato Alpha Bold Condensed, Sato B Bold Condensed, Sato Futura Medium Condensed, Sato OCR-B, Sato Symbol Set, Sato Wingbats, Sato Sans(Bold), Sato Serif(Bold), HGMLAG, Sato Beta Bold Italic, Helvetica, Universal, Universal Condensed Bold, AR Hebe Sans, AR Silver's serif, AR Hebe Sans Farsi, otros tipos de letra True Type, descarga de otros tipos de letra opcionales, escalables de 8 a 72 puntos		
Código de barras	Codificación	También compatible con las principales páginas de códigos latinas y pan-europeas (WGL4), GB18030 (simplificado), KSX1001 (coreano), BIG5 (tradicional), JIS, SHIFT-JIS, UTF-8 y UTF-16BE		
	Lineal	Código 39, código 93, código 128, CODABAR (NW7), EAN8/13, GS1-DatabarTM, GS1-128 (UCC/EAN128), Interleaved 2/5, Industrial 2/5, JAN8/13, Matrix 2/5, MSI, Bookland, PostnetTM, UPC-A/E		
Dirección de impresión	Simbologías en 2D	PDF417, Micro PDF, Maxi Code, GS1 Data Matrix, QR Code, Micro QR Code y simbologías Composite		
	Formatos, gráficos y tipos de letra descargables por el usuario	Rotación de datos de caracteres: 0°, 90°, 180°, 270° / Rotación de códigos de barras: 0°, 90°, 180°, 270°		
Máximo 100MB				

CARACTERÍSTICAS E INTEGRACIÓN DE INTERFACES			
Interfaces	RS232	Estándar RS232C (XON/XOFF, RTS/CTS)	
	IEEE1284	IEEE1284	
	USB	USB 2.0 tipo-B, USB 2.0 tipo-A USB Host (2 puertos)	
	LAN	Ethernet 10/100 Mb/s - DHCP(ipv4 / ipv6), TCP/IP	
	Bluetooth	Versión 3.0 + EDR Clase 2	
	EXT	Amphenol D-Sub14pin hembra	
Interfaz opcional	LAN inalámbrica (con certificado WIFI y CCK), IEEE 802.11a/b/g/n, banda dual (2.4GHz, 5GHz)		
Mantenimiento remoto	SNMP Ver. 3, HTTPS		
Protocolos de impresión compatibles	Estándar Lenguaje de impresión de códigos de barras SBT(ver.42) de SATO Lenguaje de emulador: Detección automática de SIP, SDPL, SPL o STCL		
CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS			
Power Requirements	AC100V-AC240V±10%, 50/60 Hz, fuente de alimentación con detección automática, con certificación Energy Star,		
Entorno	En funcionamiento	0-40 °C / 30-80 % HR (sin condensación)	
	Almacenamiento	-20-60 °C / 30-90 % HR (sin condensación)	
Dimensiones	271 mm (10,6") x 457 mm (17,9") x 321 mm (12,6")		
Peso	15 kg (33 lbs)		
Panel de pantalla	TFT LCD a todo color de 3,5" (320 (RGB) *240)		
VARIOS			
Certificaciones	CE, UL, TUV, cMETus (EUA/Canada), CCC (China), KC (Corea), C-Tick (Nueva Zelanda/Australia), S-Mark (Argentina), ROHS		
Homologaciones exigidas	Ruido: Emisión - EN55022 Clase A, EN55024		
Funciones - Características útiles	Manuales en video (LCD), mensajes LCD con soporte multilingüe (30 idiomas), ahorro energético, LED de estado de gran tamaño. Alternancia automática entre múltiples conexiones, memoria USB para transferencia de datos, retorno de estado, alarma sonora.		
Funciones - Autodiagnósticos	Comprobación del cabezal térmico, detección del fin del papel, detección del fin de la cinta, prueba de impresión, detección de elevación del cabezal		
OPCIONES			
Accesorios	Guillotina, dispensador con rebobinador de papel interno, reloj en tiempo real, UHF RFID, LAN inalámbrica		
ESPECIFICACIONES RFID (opcional)			
UHF	Norma	ISO18000-6 Tipo C	
	Frecuencia	868-920 MHz	
	Protocolos	EPC Gen 2 Clase 1, NXP, Impinj, Alien	
	Características RFID	Módulo de lector/codificador RFID UHF completamente integrado, función de calibración RFID para un rendimiento de transpondedor óptimo. Marcación nula de transpondedores dañados o ilegibles, verificación de datos RFID tras la programación, múltiples configuraciones energéticas RFID que permiten a los usuarios utilizar tamaños de transpondedor individuales, DIP (impresión incrustada directa) permite utilizar etiquetas de baja altura. La función PWP permite posiciones de entrada flexibles, lectura e impresión TID de texto y código de barras	
	Memoria Gen2	EPC expandida (496bits), memoria de usuario (512 bits), TID (96bits), contraseña de acceso, contraseña de detención, bloqueo	

## Etiquetas utilizadas para las pruebas de medida y desarrollo del software



## **18. Referencias bibliográficas**

[1] . Implantación de un sistema RFID para obtener trazabilidad en la cadena de suministros. Universidad politécnica de Catalunya.

[2]. Tecnología de identificación por radiofrecuencia. Lectura de pedidos RFID en un almacén. Universidad de la Rioja.

[3]. Sistema de control de acceso con RFID. Centro de investigación y de estudios avanzados del instituto politécnico nacional.

[4]. API del lector. Octane\_SDK\_Java\_1\_22\_0

[5]. Tecnología de identificación por radiofrecuencia. Aplicaciones en el ámbito de la salud.