



Universidad de Valladolid



Escuela de Ingenierías Industriales



TRABAJO FIN DE MÁSTER

**Propuesta de mejora: Sistema RFID para
la trazabilidad de la materia prima en
CETARSA**

Autor:

JAIME SÁNCHEZ GONZÁLEZ

Tutor:

MANUEL MATEO PRIETO

ANGEL MANUEL GENTO MUNICIO

SEPTIEMBRE 2021





Resumen

El presente estudio busca dar solución a parte de la problemática del sistema logístico de CETARSA. Con este objetivo, se analizarán las características y operativa de la compañía y de acuerdo con ello se realizará la propuesta que se considere más acertada.

El estudio consta de tres apartados principales. Un análisis del sistema logístico de CETARSA, en el que se detallan las infraestructuras, los flujos físicos y de información, así como algunas particularidades de la operativa; una revisión bibliográfica de sistemas RFID, con la intención de fundamentar la propuesta en una base teórica; una propuesta de mejora basada en RFID, para la cual se ha contactado con distintos proveedores de esta tecnología con la intención de realizar un estudio con datos reales del mercado.

Dado que se trata de una primera toma de contacto RFID y una vez analizados los flujos físicos de CETARSA, se buscará controlar los puntos principales, es decir, entradas/salidas y movimientos interfábricas.





Abstract

This study seeks to solve part of the problems of the logistics system of CETARSA. To this end, the company's characteristics and operations will be analyzed and the proposal considered most appropriate will be made accordingly.

The study consists of three main sections. An analysis of CETARSA's logistics system, detailing infrastructure, physical and information flows, as well as some particularities of the operation; a bibliographic review of RFID systems, with the intention to base the proposal on a theoretical basis; a RFID-based improvement proposal, for which different RFID technology providers have been contacted with the intention to make a study with real market data.

Since this is a first RFID experience and once the physical flows of CETARSA have been analyzed, the main points, i.e. inputs/outputs and movements between factories, will be monitored





Índice

Resumen	iii
Abstract.....	v
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tablas	xiii
Abreviaturas	xv
Capítulo 1. Introducción	1
1.1. <i>Motivación y justificación</i>	<i>1</i>
1.2. <i>Objetivo</i>	<i>2</i>
1.3. <i>Alcance.....</i>	<i>2</i>
1.4. <i>Estructura</i>	<i>3</i>
Capítulo 2. CETARSA y su sistema logístico	5
2.1. <i>Descripción de la empresa</i>	<i>5</i>
2.1.1. <i>Producción agrícola.....</i>	<i>6</i>
2.1.2. <i>I+D+i.....</i>	<i>7</i>
2.1.3. <i>Procesos industriales</i>	<i>8</i>
2.1.3.1. <i>Proceso de compra de tabaco en cajas</i>	<i>9</i>
2.1.3.2. <i>Proceso de mezcla, batido y acondicionado de tabaco</i>	<i>9</i>
2.2. <i>Sistema logístico de CETARSA.....</i>	<i>13</i>



2.2.1. Infraestructuras y funciones por zona.....	13
2.2.1.1. Fábrica de Talayuela.....	14
2.2.1.2. Almacenes externos.....	16
2.2.2. Flujo del producto crudo	17
2.2.2.1. Flujo físico del producto crudo	18
2.2.2.2. Flujo de información del producto crudo	20
2.2.3. Flujos de otros materiales	22
2.2.3.1. Producto terminado.....	22
2.2.3.2. Materiales auxiliares	27
2.2.4. Gestión del sistema logístico	28
2.2.4.1. Software en uso	28
2.2.4.2. Limitaciones de los recursos actuales.....	32
Capítulo 3. Tecnología RFID	33
3.1. <i>Fundamentos de la tecnología RFID</i>	33
3.1.1. Introducción a los sistemas RFID	33
3.1.2. Funcionamiento básico de un sistema RFID	35
3.1.3. Pros y contras del uso de RFID.....	39
3.2. <i>Elementos de la tecnología RFID</i>	40
3.2.1. Hardware	41
3.2.1.1. Tags	41
3.2.1.2. Impresoras RFID.....	44
3.2.1.3. Lectores RFID.....	46
3.2.2. Software	48
3.2.2.1. Middleware o WMS limitado.....	48
3.3. <i>Normas y estándares EPC e ISO</i>	49



Capítulo 4. Propuesta de mejora	51
4.1. <i>Justificación de la propuesta</i>	51
4.1.1. Problemática de la empresa	51
4.1.2. Delimitación del proyecto	52
4.1.3. Elección de RFID.....	53
4.1.4. Estudio de proveedores.....	54
4.1.5. Disposición de los equipos RFID.....	57
4.1.6. Solución propuesta.....	58
4.2. <i>Procesos afectados por la implantación</i>	59
4.2.1. Proceso de preselección	59
4.2.2. Proceso de compra	61
4.2.3. Movimientos interfábricas	62
4.3. <i>Requerimientos hardware y software RFID.....</i>	64
4.3.1. Hardware	64
4.3.2. Software	67
4.4. <i>Presupuesto inicial</i>	69
Capítulo 5. Estudio económico.....	73
5.1. <i>Introducción.....</i>	73
5.1.1. Jerarquía del proyecto.....	73
5.2. <i>Fases de desarrollo</i>	74
5.3. <i>Estudio económico</i>	75
5.3.1. Horas efectivas anuales y tasas de horarios de personal.	76
5.3.2. Cálculo de las amortizaciones para el equipo informático utilizado.....	78



5.4. Coste del material consumible.....	79
5.5. Costes indirectos.....	79
5.6. Horas de personal dedicadas a cada fase del proyecto.....	80
5.7. Costes asignados a cada fase del proyecto.....	81
5.8. Coste Total.....	85
Capítulo 6. Conclusiones y futuros desarrollos.....	87
Bibliografía	90



Índice de Figuras

Figura 2-1. Diagrama de flujo de procesos CETARSA.....	8
Figura 2-2. Proceso de compra.....	9
Figura 2-3. Proceso de entrada de tabaco.....	10
Figura 2-4. Proceso de selección.....	11
Figura 2-5. Proceso de batido.....	11
Figura 2-6. Proceso de resecado.....	12
Figura 2-7. Proceso de prensado.....	13
Figura 2-8. Ubicación de las infraestructuras de CETARSA.....	14
Figura 2-9 Fábrica de Talayuela y zonas de almacén.....	15
Figura 2-10. Diagrama de flujo físico del producto crudo.....	20
Figura 2-11. Diagrama del flujo de información del producto crudo.....	21
Figura 2-12.Muestra de strip.....	22
Figura 2-13. Muestra de los distintos subproductos.....	23
Figura 2-14. Diagrama de flujo de strip.....	26
Figura 2-15. Diagrama de flujos de subproductos.....	27
Figura 2-16. Plantilla de Microsoft Excel para el control de nave de preselección.....	29
Figura 2-17. Plantilla de Microsoft Excel para el control de nave 8/8.....	30
Figura 2-18. Muestra de interfaz software Virginia.....	31
Figura 3-1. Esquema simple de un sistema RFID.....	34

Figura 3-2. Esquema de acoplamiento inductivo	36
Figura 3-3. Esquema de acoplamiento inductivo por load modulation con subportadora.....	37
Figura 3-4. Esquema de acoplamiento inductivo por subarmónicos	38
Figura 3-5. Esquema de Acoplamiento por propagación de ondas electromagnéticas	38
Figura 3-6. Esquema de un tag RFID.....	42
Figura 3-7. Impresora industrial para tags RFID	46
Figura 3-8. Muestra de un arco RFID.....	47
Figura 3-9. Muestra de un dispositivo portátil RFID	48
Figura 3-10. Estructura de un código EPC.....	50
Figura 4-1. Alteración en el proceso de preselección.....	60
Figura 4-2. Alteración en el proceso de compra.....	61
Figura 4-3. Alteración en los movimientos interfábrica.....	63



Índice de Tablas

Tabla 1. Características de los distintos tipos de tag RFID.	43
Tabla 2. Rangos de frecuencia de un sistema RFID.	44
Tabla 3. Presupuesto inicial de implantación	69
Tabla 4. Análisis de la inversión	70
Tabla 5. Días efectivos anuales	76
Tabla 6. Semanas efectivas anuales.....	77
Tabla 7. Tasas de horarios de personal	78
Tabla 8. Amortización de los equipos utilizados.....	78
Tabla 9. Coste material consumible	79
Tabla 10. Costes indirectos	80
Tabla 11. Horas dedicadas a cada fase	80
Tabla 12. Costes fase I	81
Tabla 13. Costes fase II	82
Tabla 14. Costes fase III	83
Tabla 15. Costes fase IV	84
Tabla 16. Costes fase V	84
Tabla 17. Costes de elaboración del estudio	85



Abreviaturas

- EPC**: Electronic Product Code o Código Electrónico de Producto.
- ERP**: Enterprise Resourcing Planning o Planificación de Recursos Empresariales.
- ISO**: Internacional Organization for Standardization u Organización Internacional de Normalización
- KPI**: Key Performance Indicators o Indicadores Claves de Desempeño.
- MRP**: Material Requirements Planning o Plan de Requerimientos de Material.
- RFID**: Radio Frequency Identification o Identificación por Radiofrecuencia
- WMS**: Warehouse Management System o Sistema de Gestión de Almacenes.



Capítulo 1. Introducción

1.1. Motivación y justificación

❖ *Motivación*

Esta propuesta es fruto del desarrollo de mis prácticas en empresa y supone el final de mis estudios en el Máster en Logística, por ello, es una gran oportunidad para poner en práctica los conocimientos adquiridos tanto en el Grado en Comercio como en el Máster en Logística en un entorno real.

A parte, la temática del estudio permite reforzar lo aprendido en algunas asignaturas cursadas en el Máster como “Almacenaje y Manutención” o “Sistemas de Información y Gestión de Conocimiento”.

Relativo a la empresa, CETARSA dispone de un sistema logístico tradicional sin ERP o WMS y a lo largo de los últimos años no se han llevado a cabo grandes inversiones en este área de la empresa.

Por todo ello, este estudio tiene dos principales motivaciones: Mejorar el sistema logístico de CETARSA aplicando los conocimientos adquiridos en el Máster y formar parte de mi primera experiencia laboral en el área de la logística.

❖ *Justificación*

La realidad actual de CETARSA es que la gestión de su operativa se hace a través de un sistema logístico tradicional. Dado el elevado volumen de movimientos como de materiales a gestionar por la empresa, el presente estudio tratará de dar una solución acorde a:

- Las limitaciones de presupuesto. Dado que se espera una primera cuantificación de su sistema logístico no se espera la puesta en marcha de grandes inversiones.

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

- Las características del personal. La edad media del personal es elevada (alrededor de 60 años) lo que puede resultar un inconveniente.
- Los flujos físicos y de información. Con el fin de conocer los puntos sobre los que actuar.
- Los recursos actuales. Relativos a los sistemas de gestión y recursos físicos para llevar a cabo la operativa.
- Escalabilidad hacia futuras implementaciones y mejoras. Se pretende que la solución propuesta de pie a futuras mejora en la compañía.

1.2. Objetivo

La elaboración de este proyecto tiene un objetivo principal: sentar las bases a través de una propuesta de mejora para la posible futura implantación de un sistema RFID que permita conocer las existencias en tiempo real por centro y mejore la gestión logística al ser una fuente de datos más fiable a la actual.

A consecuencia de lo anterior, la mayor fiabilidad de datos que lo propuesto en este estudio pretende, tendría como consecuencia la eliminación del inventario físico global en el mes de diciembre y sus elevados costes. Por ello, este proyecto no pretende mejorar la gestión logística de la compañía sino también tener un impacto económico positivo.

1.3. Alcance

La fábrica de Talayuela se posiciona como el punto neurálgico de la operativa de la compañía tanto de producción como de gestión logística. Por este motivo, la fábrica de Talayuela será de especial interés en este estudio, pese a realizar ciertas consideraciones acerca de otros centros.

Las características del producto y los exigentes estándares de calidad impuestos por los clientes hacen que la capacidad de alteración de CETARSA sobre el producto



terminado sea escasa. Por esta razón, se tratará con mayor detalle los movimientos de materia prima de la empresa (de mayor complejidad y volumen).

Nuevamente, dado que este proyecto no es una implantación en sí, sino que trata de sentar las bases a una posible futura implantación, se limitará a:

- Definir los equipos y soluciones necesarios para alcanzar el objetivos.
- Detallar cuáles serán las ubicaciones más idónea para su establecimiento.
- Describir las alteraciones en los procesos y operativa sufridos por la inclusión de estas mejoras en la empresa.

1.4. Estructura

La estructura del presente estudio comienza con un análisis del sistema logístico de CETARSA. El objetivo de este análisis es la búsqueda de las debilidades del sistema actual sobre las que fundamentar una propuesta de mejora.

Seguido al estudio de la empresa y una vez analizada la problemática actual, la propuesta final estará precedida por una revisión bibliográfica de sistemas RFID en la que sustentar el proyecto dentro de un marco teórico.

Finalmente, la propuesta finaliza con la adaptación de un sistema RFID a la operativa y recursos de CETARSA, analizando distintas soluciones del mercado con el objetivo de que la propuesta y estudio económico realizados sean un punto de apoyo de cara al desarrollo de un proyecto real y su puesta en marcha.

**Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima
en CETARSA**



Capítulo 2. CETARSA y su sistema logístico

2.1. Descripción de la empresa

Con anterioridad a la creación de CETARSA (Compañía Española de Tabaco en Rama S.A., SME) tanto el cultivo como el curado del tabaco eran realizados por los cultivadores bajo el control del Servicio Nacional de Cultivo y Fermentación del Tabaco (SNCFT). La adquisición de tabaco a los cultivadores se realizaba por cuenta de la Renta de Tabacos para su posterior cesión a la compañía Tabacalera S.A. como empresa administradora de la Renta para su manufactura. Con la entrada de España en la Comunidad Económica Europea (CEE), el sector tabaquero en España se liberalizó dando lugar al nacimiento de la Compañía Española de Tabaco en Rama S.A., S.M.E. (CETARSA, 2021)

En la actualidad, CETARSA forma parte del Grupo SEPI, un holding empresarial encargado de gestionar participaciones empresariales de titularidad pública. Está formado por 15 compañías con participación directa y mayoritaria, 10 compañías con participación directa y minoritaria, y además, cuenta con participaciones indirectas en más de cien sociedades. El 79.18% del capital de CETARSA forma parte del Grupo SEPI mientras que el 20.82% es propiedad de Grupo Imperial Brands.

En su actividad, CETARSA se ocupa del asesoramiento técnico, adquisición, fermentación, procesado, batido, acondicionamiento, investigación y comercialización del tabaco en rama, tanto en el mercado nacional como internacional.

2.1.1. Producción agrícola

La colaboración de CETARSA en la producción agrícola es un pilar fundamental de cara a obtener un producto de calidad. Para ello el departamento de I+D, asistencia técnica y compra de tabaco trabajan para la obtención de cosechas de calidad siendo respetuosos con el medioambiente e intentando producir al menor coste para los agricultores. Todo esto se podría interpretar como un programa de desarrollo de proveedores dentro de la industria tabaquera.

En lo referente a la calidad del cultivo, los principales atributos a controlar son la integridad, sanidad, humedad, color, uniformidad, materias extrañas y limpieza entre otros desde el punto de vista físico de la hoja de tabaco, y niveles de azúcar, cloro, nicotina, etc. desde el punto de vista químico con la finalidad de conseguir un producto que se adapte a las exigencias del mercado (Producción agrícola, 2021).

Para ello, el departamento de I+D lleva a cabo programas de mejora genética, producción de semillas y ensayos con multinacionales y casas comerciales, además, CETARSA cuenta con la colaboración del Instituto Nacional de Meteorología para la toma y difusión de datos en la zona del valle del Tiétar y de la Vera.

En las labores de asistencia técnica, los principales puntos a tratar son:

- Realizar las labores preparatorias a las condiciones meteorológicas.
- Optimizar los recursos particulares de cada explotación.
- Aconsejar al agricultor sobre que variedad cultivar acorde a las características de su terreno.
- Mejorar las técnicas de producción a través del uso de bandejas flotantes.
- Paliar las incidencias climáticas introduciendo variables técnicas en fertilización, labores, recolección y curado.
- Fomentar la buena práctica en la selección de tabaco para eliminar las materias extrañas y uniformar el producto final.



2.1.2. I+D+i

Relacionado con el punto anterior y debido a que la actividad de la compañía va ligada a la explotación de recursos naturales, el departamento de I+D se posiciona como un factor relevante de cara a llevar adelante la actividad empresarial de forma sostenible y eficiente. CETARSA lleva acabo dos líneas de trabajo en su departamento de I+D (I+D+i, 2021).

Primera línea de trabajo:

- Líneas de mejora para evaluación de tolerancia a nematodos (arenaria y globodera), Fusarium y virus.
- Evolución de nuevos híbridos con floración tardía y resistente a todas las enfermedades (resistencia múltiple)
- Línea resistente a Fusarium, nematodos y virus.
- Mejora de producción y calidad de los híbridos Cetarsa 641 y Cetarsa 613.
- Línea de mejora de la variedad k-326 dirigida al incremento de la productividad.
- Línea de resistencia a thielaviosis (hongo de suelo que afecta a las raíces en terrenos encharcadizos.).
- Evolución agronómica y comercial de las variedades híbridas ya seleccionadas.
- Test de todas las variedades comerciales cultivadas en España.
- Ensayo e identificación de las variedades con resistencia múltiple y mejor adaptadas a la recolección mecanizada.

Segunda línea de trabajo:

- Test de resistencia a Fusarium.
- Línea de burley resistente a nematodos (arenaria y globodera)
- Línea de burley resistente a moho azul
- Línea de resistencia a Fusarium con fenotipo de hojas más compactas.
- Línea de variedades resistentes a todas las plagas y enfermedades (resistencia múltiple).

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

- Línea de variedades de burley con baja nicotina.
- Selección de líneas por su baja conversión en nornicotina.

2.1.3. Procesos industriales

La gestión de las operaciones industriales en fábricas y centros logísticos está dirigida por el director de Operaciones Industriales, bajo esta figura se encuentran un Jefe de Mantenimiento y un Jefe de Producción Industrial y, de este último, dependen un Jefe de Logística y un Jefe de Control de Calidad. Entre los distintos centros de trabajo de CETARSA podemos encontrar:

- Fábrica de Talayuela (Objeto de esta implementación).
- Fábrica de Navalmoral.
- Centro de Compra y Logístico de Coria.
- Centro de Compra y Logístico de Jaraíz.
- Centro de Compra y Logístico de Jarandilla.

Tanto en las fábricas de Navalmoral y Talayuela se llevan a cabo los siguientes procesos (Figura 2-1):

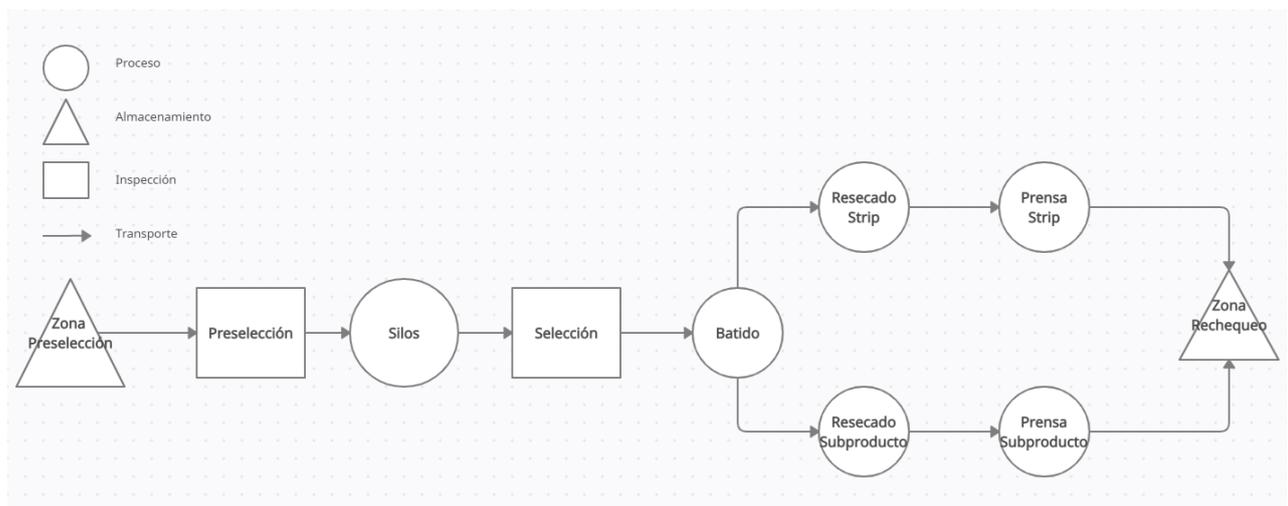


Figura 2-1. Diagrama de flujo de procesos CETARSA



A continuación, se detallarán los procesos llevados a cabo para la transformación del cultivo de tabaco (Operaciones Industriales, 2021):

2.1.3.1. Proceso de compra de tabaco en cajas

La compra de cajas de tabaco en cajas se realiza tan solo en la fábrica de Talayuela por lo que tendrá una mayor relevancia en este estudio. El proceso de compra se realiza a través de línea automatizada compuesta de un scanner de detección de materias extrañas, cintas y caminos de rodillos motorizados, báscula de pesaje, prensa de extracción de tabaco para analizar la humedad y flejado automático de cajas (Figura 2-2).



Figura 2-2. Proceso de compra

2.1.3.2. Proceso de mezcla, batido y acondicionado de tabaco

Este proceso es el que mayor valor añadido aporta al producto y el de mayor importancia en cuanto a volumen. Se realiza en las variedades de tabaco Virginia y Burley E. para que posteriormente las empresas compradoras dispongan de materia prima para la producción de cigarrillos rubios. Está conformado por distintas fases:

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

- *Entrada de tabaco en cajas tipo C-48.* La alimentación se realiza a través del uso de carretillas que disponen las cajas en una línea frente al trabajador que registra la caja a través de un código de barras y quita los flejes. Posteriormente, un robot vacía el tabaco en la línea (Figura 2-3) y es comprobado por el Blender si cumple con los parámetros acordados por el cliente (si no cumple estos parámetros se retira de la línea de producción), el tabaco óptimo avanza por la cinta y es cortado mediante Slicer y tras esto el tabaco por un cilindro de acondicionamiento directo avanza a unos silos de mezcla.

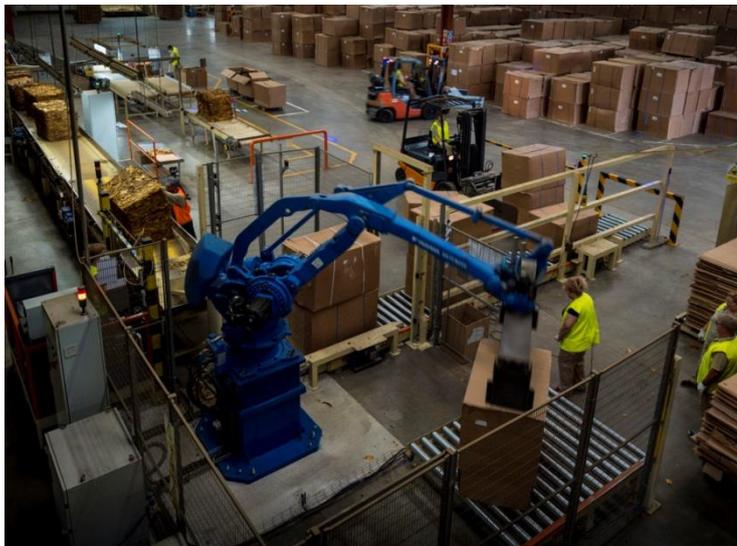


Figura 2-3. Proceso de entrada de tabaco

- *Área de selección.* Una vez el tabaco ha sido mezclado en los silos pasa a líneas de selección en las que se realiza una selección de las hojas que componen la materia prima acorde a los intereses de los clientes y, además, se procede a la eliminación de las posibles materias extrañas que pudiera contener el tabaco (Figura 2-4).



Figura 2-4. Proceso de selección

- *Área de batido.* En esta área se realiza la rotura y separación de los distintos componentes de la hoja de tabaco. Esta línea consta de 4 o 5 estadios y cada estadio está compuesto de un nº determinado de molinos de martillos y separadores. De este proceso resultan el Strip (el cuál es el producto principal) y otros subproductos como la Vena Corta, Vena Larga y Scrap (Figura 2-5).

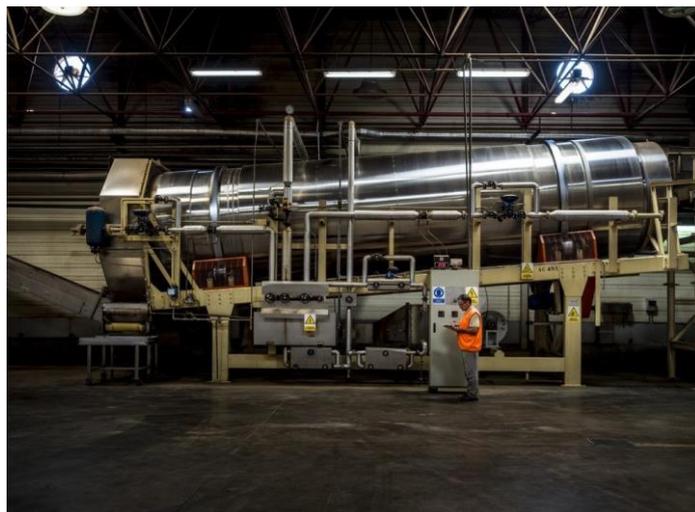


Figura 2-5. Proceso de batido.

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

- *Área de resecado.* La finalidad del proceso que se lleva a cabo en esta área es el acondicionamiento de Strip (y subproductos de manera independiente) para obtener una humedad relativa entorno al 12%. El proceso de resecado está conformado por 4 cámaras para evacuar la humedad del tabaco, enfriamiento para conseguir la humedad deseada, y humectación para alcanzar finalmente la humedad acordada con el cliente (Figura 2-6).

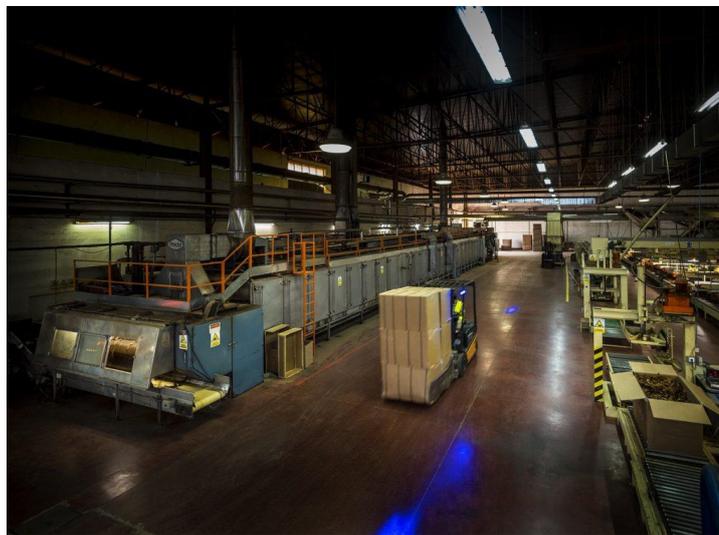


Figura 2-6. Proceso de resecado.

- *Área de prensas.* En esta área se realiza el empaquetamiento del strip en cajas de aproximadamente 200kg (Figura 2-7). Este empaque puede contar de distintos elementos dependiendo de las especificaciones dadas por los clientes como cajas, flejes, papel Kraft y refuerzos. En cuanto a los subproductos, las venas tras pasar por la resecadora son separadas a través de cribas según su tamaño (vena larga, vena corta y vena fibra) y empacadas con elementos similares a los del strip. El scrap y finos, son separados del mismo modo a través de cribas y su empaque varía de los anteriores en su peso, aproximadamente 130-150kg/caja.



Figura 2-7. Proceso de prensado.

2.2. Sistema logístico de CETARSA

2.2.1. Infraestructuras y funciones por zona.

Las infraestructuras de CETARSA se componen de centros logísticos y dos fábricas repartidas entre diferentes municipios de la zona. A modo de resumen las infraestructuras con las que cuenta la compañía serían las siguientes (Figura 2-8):

- Fábrica de Talayuela (Producción y gestión logística)
- Fábrica de Navalmoral (Producción y gestión logística)
- Centro logístico de Jaraíz
- Centro logístico de Jarandilla
- "Nave Rivera"(Nave alquilada)
- Centro logístico de Coria (muy poca actividad)

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

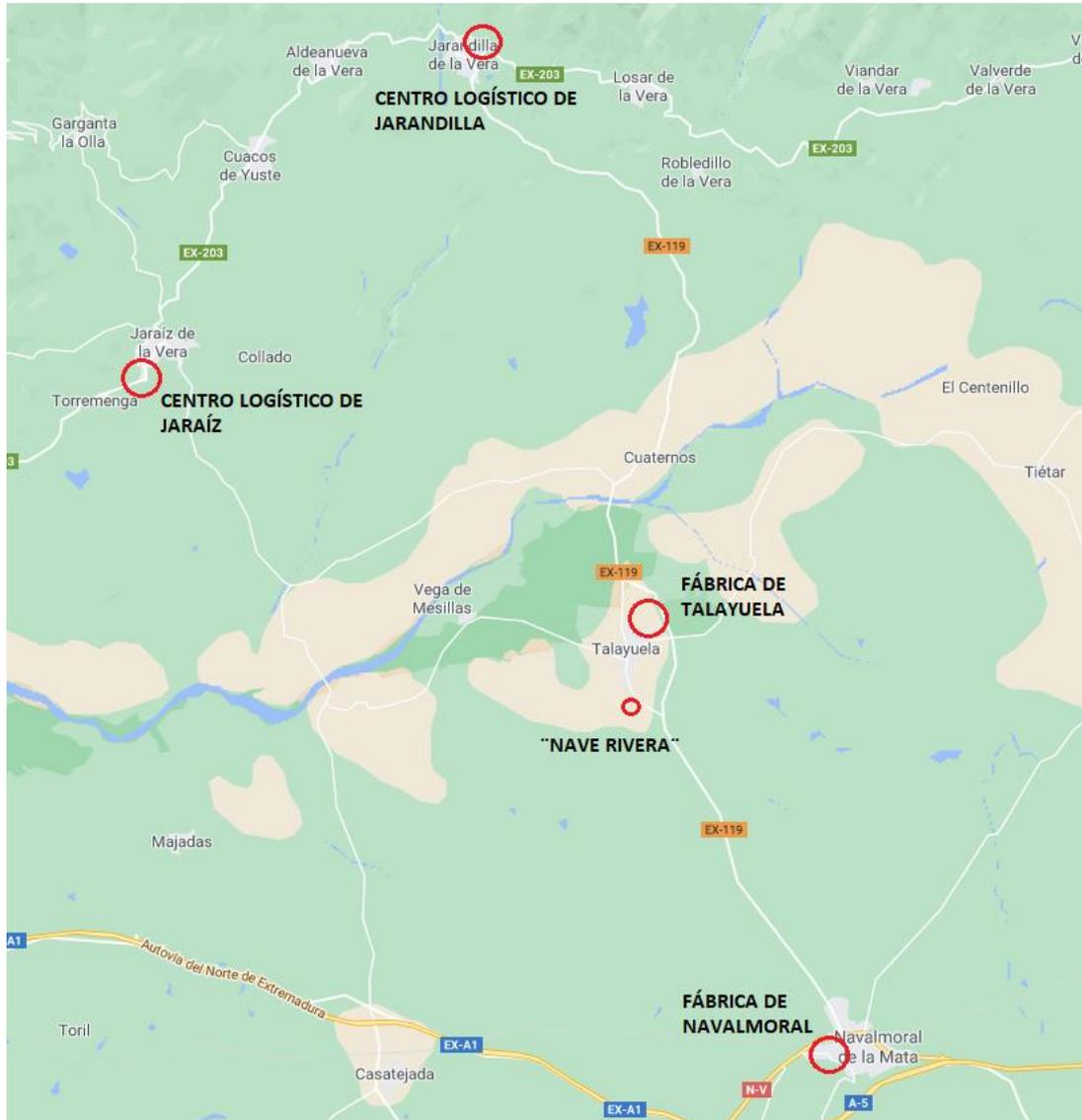


Figura 2-8. Ubicación de las infraestructuras de CETARSA.

2.2.1.1. Fábrica de Talayuela

La fábrica de Talayuela (principal objetivo de este estudio) se posiciona como el punto neurálgico de la operativa de la compañía (tanto en producción como gestión logística). Dentro de la propia fábrica de Talayuela podemos diferenciar distintas zonas de almacenamiento como muestro en la Figura 2-9:

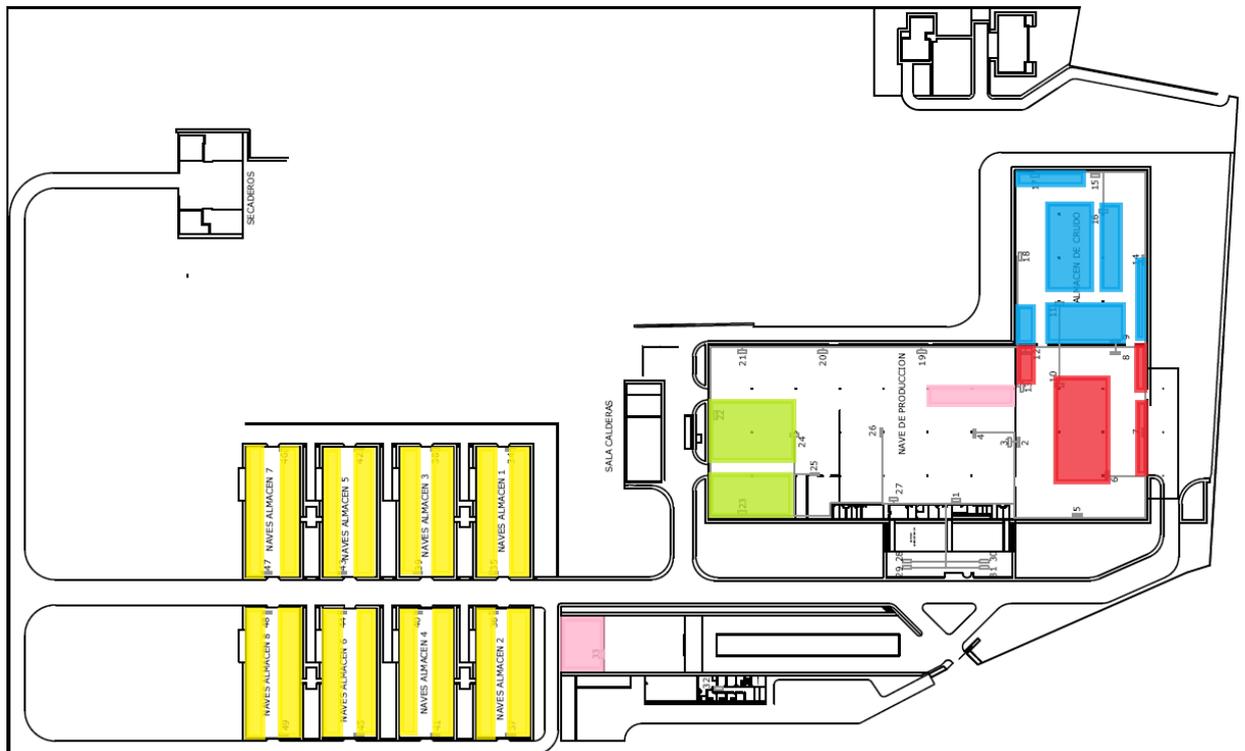


Figura 2-9 Fábrica de Talayuela y zonas de almacén.

- La zona amarilla abarca los espacios de almacenamiento de los 8 almacenes disponibles. En ellos se ubican producto crudo o producto terminado (no pueden compartir espacio) y allí se realiza el tratamiento del producto terminado y carga de los contenedores para su expedición.
- La zona verde señala la zona de rechequeo, a la salida de la producción. En este punto permanece la producción entre 24-72h hasta ser desplazada a otros puntos, además, en esta área se almacenan los materiales auxiliares.
- La zona roja hace referencia a la zona de preselección, la cual tiene como finalidad alimentar la producción acorde a sus necesidades. Es decir, en esta área se almacena producto crudo a la espera de entrar en producción.
- La zona azul se trata de la zona de compras. En un principio, este área almacena el producto crudo una vez ha sido comprado, sin embargo, una vez finaliza el periodo de compras (septiembre-marzo) pasa a almacenar producto terminado.

- Las zonas rosas marcan:
 - Almacén de inspección. En él se almacenan el % de la producción separada para la revisión de los clientes.
 - Zona de picking. Los restos de tabaco separados en producción durante el proceso de selección son almacenados en esta zona.

2.2.1.2. Almacenes externos

❖ *Fábrica de Navalmoral*

Pese a que también lleve a cabo labores de producción, esta fábrica tiene un tiempo y volumen de producción inferior al de la fábrica de Talayuela. La fábrica de Navalmoral recibe los materiales auxiliares procedentes de Talayuela y tiene unas necesidades de producto crudo para la producción que se suministran del resto de centros.

❖ *Centro logístico de Jarandilla*

Anteriormente llevaba a cabo labores de producción, sin embargo, en la actualidad tan solo opera como centro logístico. Se encarga del almacenamiento de producto crudo y producto terminado (strip) y gestiona las salidas de parte de la mercancía.

❖ *Centro logístico de Jaraíz*

Al igual que el centro de Jarandilla, en la actualidad ha dejado de lado la producción para funcionar exclusivamente como centro logístico. Entre sus funciones se encuentra la de almacenar producto crudo así como producto terminado (subproductos) y gestionar su expedición.

❖ *"Nave Rivera"*

Se trata de una nave industrial alquilada en uno de los polígonos del municipio de Talayuela, con la finalidad de aliviar los niveles de ocupación del resto de almacenes.



2.2.2. Flujo del producto crudo

El producto crudo hace referencia al tabaco que es comprado a los cultivadores una vez finaliza la campaña de cultivo. El producto crudo puede ser comprado almacenado en fardos o en cajas, para este estudio tan solo se tendrá en cuenta el producto crudo comprado en cajas, puesto que permite el uso de tags RFID y supone más del 80% de las compras totales.

❖ **Compra**

La entrada de la materia prima a CETARSA llega de la mano del inicio del proceso de compra del cultivo de tabaco. El proceso de compra de producto crudo a los cultivadores se realiza entre los meses de septiembre y marzo de forma gradual y es entregado en la fábrica de Talayuela en cajas tipo C48 cedidas por la propia empresa. En este proceso de compras se examinan las cajas para evitar la introducción de materias extrañas y se analiza su peso y calidad de cara a asignar un valor comercial e industrial a cada caja.

❖ **Valor comercial, grado industrial y blend**

El valor comercial resulta en el precio que recibirá el cultivador por su cosecha acorde a parámetros de cantidad y calidad del tabaco entregado.

El valor o grado industrial es de especial relevancia para la gestión logística, puesto que será el nombre o referencia que se asignará al producto crudo que tendrá que ser almacenada y más tarde introducida en la producción conforme a su grado industrial. El grado industrial asignado a cada caja depende de la altura de la planta de la que fueron extraídas las hojas, la calidad, la tonalidad y otros aspectos como la humedad, aceite o fermentación que puedan estar presentes en las hojas de tabaco (existen más de 60 tipos de grados industriales).

El blend (o mezcla) es la combinación en cantidad y orden de distintos grados industriales en el proceso productivo que una vez mezclados en los silos resultan en la combinación acordada con el cliente. El blend influirá en gran medida en los

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

movimientos tanto interfábricas (movimientos realizados con fábricas y almacenes externos) como movimientos internos, para cubrir las necesidades de la producción acorde a los grados industriales demandados.

2.2.2.1. Flujo físico del producto crudo

Como consideraciones generales en el almacenamiento de producto crudo cabe destacar:

- Se almacena en bloques apilando las propias cajas una sobre otra, con una altura máxima de alrededor de 6 cajas dependiendo del estado de estas.
- No se combinan distintos grados industriales en una misma fila (a excepción de ciertos grados compatibles).
- El producto crudo y producto terminado no pueden compartir espacios de almacenamiento para evitar la posible contaminación del producto terminado.
- El producto en crudo total comprado en cajas sobrepasa las capacidades de almacenaje de la fábrica de Talayuela. Esto hace que sea necesaria la salida progresiva de cajas hacia otros almacenes externos y retornarlas cuando las necesidades de producción lo exijan.
- Los transportes de producto crudo se realizan de forma diaria con una media de 4 camiones/día (que pueden llegar a realizar a su vez 4-5 transportes/día) y una capacidad de 102 cajas/transporte. En ocasiones hay un camión dedicado a realizar el movimiento de cajas de los almacenes dentro de la propia fábrica (almacenes-zona de preselección) para alimentar la producción.
- CETARSA dispone de un vehículo con varios remolques para facilitar los movimientos de material dentro de la fábrica.

Los principales tipos de movimientos que sufre el producto crudo son los siguientes (como se detalla en la figura 2-10):



1. Una vez las cajas de tabaco han sido compradas a los cultivadores y poseen un grado industrial son almacenadas en la zona de compra. Sin embargo, debido al ritmo de compra (alrededor de 1500 cajas/día) es necesario el traslado de las cajas almacenadas a distintas zonas:
 - a. Zona de preselección. De cara a alimentar la producción si los grados comprados recientemente coinciden con las necesidades del blend.
 - b. Almacenes internos. 8 almacenes dentro de la propia fábrica.
 - c. Almacenes externos. Los centros logísticos de Jarandilla, Jaraíz, Navalморal o "nave Rivera" (nave alquilada).

El 80% de las compras totales se realiza en Talayuela, mientras que el 20% restante se realiza en otros centros de compra. No obstante, las compras realizadas en otros centros el producto crudo se encuentra almacenado en fardos y no en cajas C48, por lo que no serán relevantes para este estudio.

2. Con la finalidad de superar las limitaciones de espacio y satisfacer las necesidades de producción es necesaria la realización de numerosos transportes interfábricas. Este tipo de transporte tiene los siguientes fines:
 - a. Aprovisionar los grados industriales en tipo y cantidad necesarios para el blend en uso.
 - b. Dar salida a producto crudo a otros almacenes para habilitar espacio libre en ciertas zonas.
3. Pese a que el producto crudo se encuentre en los almacenes externos o internos, este pasará a ser almacenado en la zona de preselección de manera directa (almacén interno → zona de preselección o almacén externo → zona de preselección) o indirecta (almacén externo → almacén interno → zona de preselección) antes de entrar en la producción a través del proceso de preselección.

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

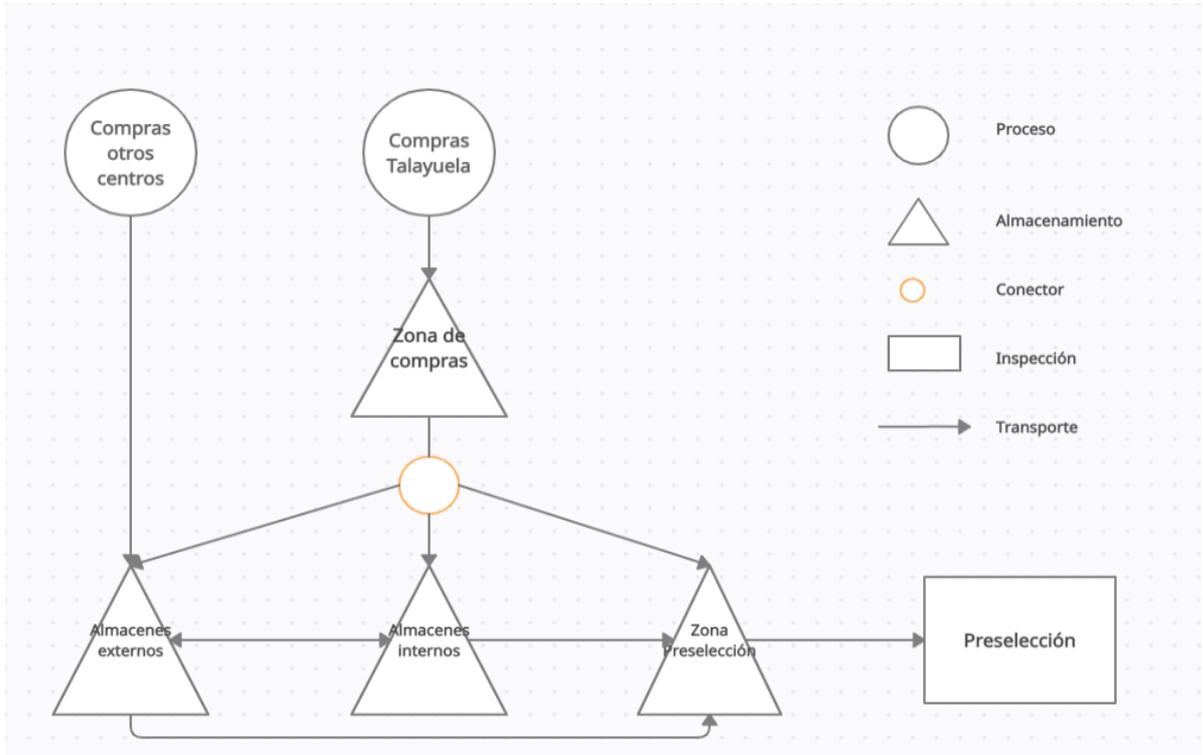


Figura 2-10. Diagrama de flujo físico del producto crudo.

2.2.2.2. Flujo de información del producto crudo

La finalidad de este proyecto es la puesta en marcha de un sistema de gestión del producto crudo paralelo al actual, de modo que pueda servir de soporte en caso de incidencias y se puedan prevenir gastos adicionales. La gestión de la información del producto en crudo se realiza actualmente de la siguiente manera (Figura 2-11):

1. Una vez comprado el producto crudo, el personal administrativo introduce la información de cada caja en el programa Virginia (detallado más adelante). En este punto todavía no se ha especificado la ubicación del producto crudo (en el centro de Talayuela dado que es donde se ha realizado la compra) a la espera de determinar ciertos datos relativos a la calidad del producto pese a que físicamente el producto ya se encuentra allí.



2. Con los movimientos interfábrica, la gestión de la información se realiza a través de la mecanización en el programa Virginia por parte del personal administrativo de actas elaboradas previamente por el personal logístico, de este modo el producto crudo cambia de almacén en el software de la empresa. Esta mecanización de datos no se realiza al momento por lo que los datos introducidos no coinciden con las existencias reales.
3. Las cajas que han entrado en producción, al igual que con los movimientos interfábrica han de ser registradas por el personal administrativo una vez les ha sido entregado el informe de producción al día siguiente. Nuevamente se produce un desfase entre la información registrada y existencias reales.

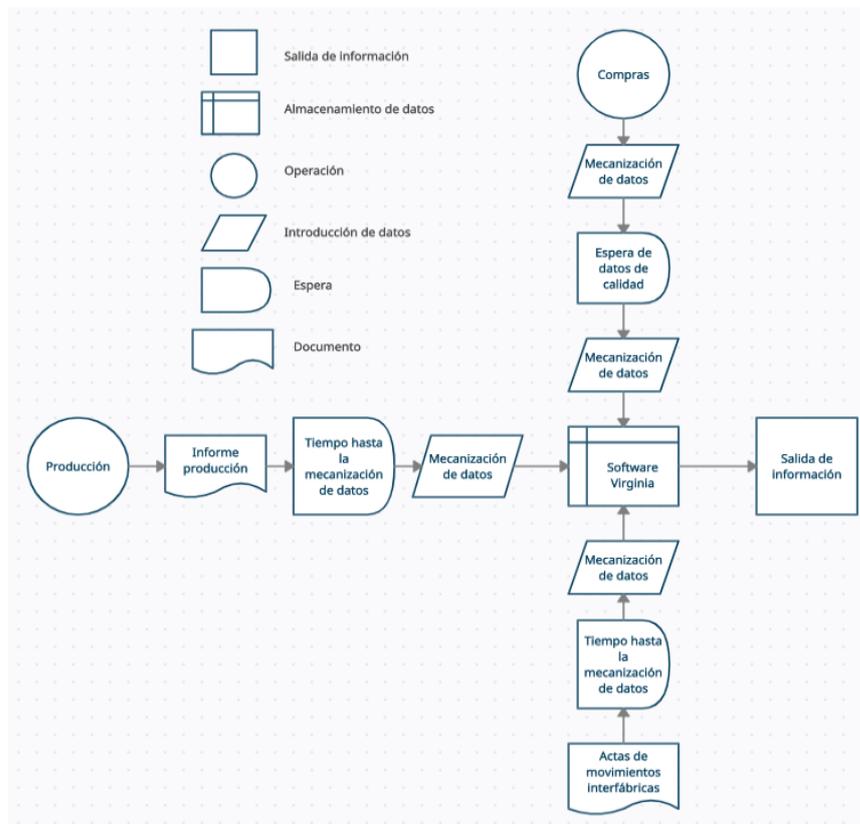


Figura 2-11. Diagrama del flujo de información del producto crudo.

2.2.3. Flujos de otros materiales

Además del producto crudo, CETARSA gestiona el flujo de producto terminado y materiales auxiliares.

2.2.3.1. Producto terminado

El producto terminado se trata del resultado de la mezcla de distintos grados industriales (entre otros procesos) en el proceso productivo, este producto terminado es exclusivo para cada cliente con unas características específicas. La producción se realiza para un cliente bajo una demanda pull, que se prolonga hasta que se hayan producido las unidades acordadas.

Dentro del producto terminado podemos diferenciar a su vez Strip, Vena larga, Vena corta, Scrap y Finos.

❖ *Strip y subproductos*

El strip (Figura 2-12) es la hoja de tabaco rota en unos determinados tamaños y es el principal producto y el que aporta mayores ingresos a la compañía. Cada caja de strip tiene unas características y protocolos (etiquetas, revisiones, etc.) específicos para cada cliente.



Figura 2-12. Muestra de strip.

Entre los subproductos (Figura 2-13) podemos encontrar:



- Vena larga y vena corta. Se trata de los haces vasculares de la hoja de tabaco que son al igual que el resto de subproductos, separadas del strip en el proceso de batido.
- Scrap y finos. Son partículas rotas de la hoja de tabaco (o strip) de tamaño reducido.



Figura 2-13. Muestra de los distintos subproductos.

Tanto el strip como los subproductos son de la composición y características particulares de cada cliente, no obstante, no todos los clientes desean recibir los subproductos resultantes de la producción.

❖ **Flujo físico del producto terminado**

Las consideraciones previas de cara a analizar el flujo físico de los productos terminados son los siguientes:

- El producto terminado y el producto crudo no pueden compartir espacio de almacenamiento.

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

- El producto terminado sufre un nº menor de movimientos que el producto crudo. Una vez almacenado en un lugar permanecerá en este hasta su expedición.
- El producto terminado tiene que ser tratado antes de realizar la expedición del mismo. Esto mantendrá tanto la mercancía como la zona de almacenaje donde se encuentre inmovilizada e inaccesible durante 7 días.
- No todos los clientes desean el subproducto resultante de la producción.
- La zona de compras una vez finaliza el proceso de compras pasa a almacenar producto terminado.
- El producto terminado se almacena según el nº acumulado de la producción y por norma general según las capacidades del transporte que se usará para su expedición. Ejemplo: Acumulado 1-99 cajas (fila 1), acumulado 100-198 cajas (fila 2), acumulado 199-297 cajas (fila 3).
- Se almacena del mismo modo que el producto crudo pero el mejor estado de las cajas permite apilar a una altura de hasta 7 cajas.
- El strip además de la fábrica de Talayuela puede ser almacenado en el centro logístico de Jarandilla. Los subproductos pueden ser almacenados tanto en Talayuela como en el centro logístico de Jaraíz.

Dado que dentro del producto terminado podemos dividirlo en strip y subproductos, el análisis del flujo físico se hará de forma independiente ya que tienen una demanda y gestión heterogéneas.

Los principales movimientos que sufre el strip son los siguientes (como se detalla en la Figura 2-14):

1. Una vez finaliza el proceso de prensado de strip, este pasa a ser almacenado de forma temporal (24h-72h) en la zona de rechequeo. Además, un porcentaje de la producción es separada para ser llevada a la nave de inspección donde los clientes revisarán su producto



(posteriormente se reubica en el almacén oportuno). Tras esto, se pueden dar 3 opciones:

- a. Almacén de Jarandilla. Es utilizado cuando la fábrica tiene una fuerte actividad de compras y producción. Esto permite aliviar los niveles de ocupación de otros almacenes.
 - b. Almacenes internos. Es la zona de almacenaje más utilizada y la que menor distancia de desplazamiento supone.
 - c. Zona de compras. Una vez finalizado el periodo de compras (septiembre-marzo) esta área pasa a destinarse al almacenaje de strip.
2. Una vez el strip se haya almacenado en algunos de los almacenes anteriormente descritos, permanecerá en ese mismo lugar para ser tratado (y con ello inmovilizado por 7 días) y expedido a los clientes.

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

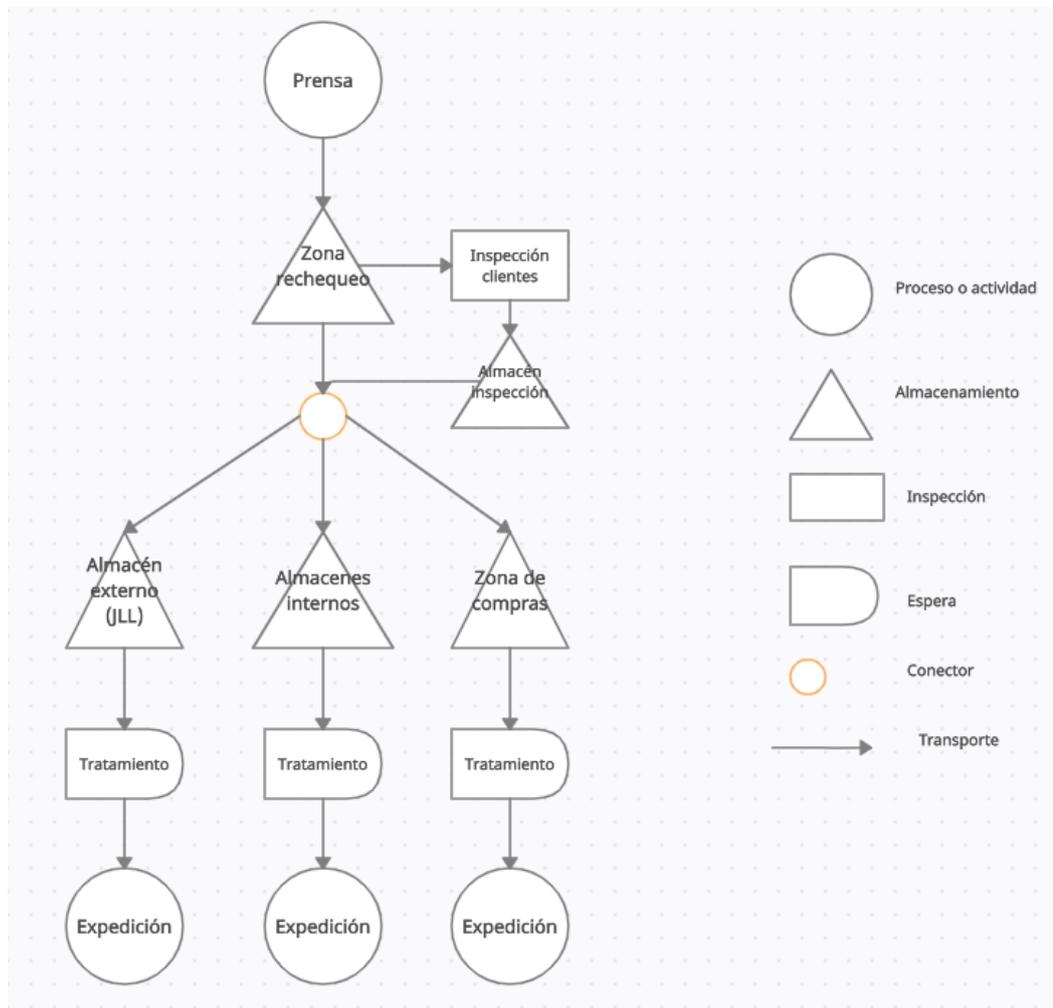


Figura 2-14. Diagrama de flujo de strip.

Las principales diferencias entre strip y subproductos es el volumen de la demanda (ya que no todos los clientes quieren sus subproductos) y las zonas en las que se almacena.

Como se detalla en la Figura 2-15, el proceso es similar hasta el reparto de la producción entre almacenes, donde en vez de utilizarse el centro logístico de Jarandilla, se delega en el centro logístico de Jaraíz para el almacenaje, tratado y expedición de parte de los subproductos.

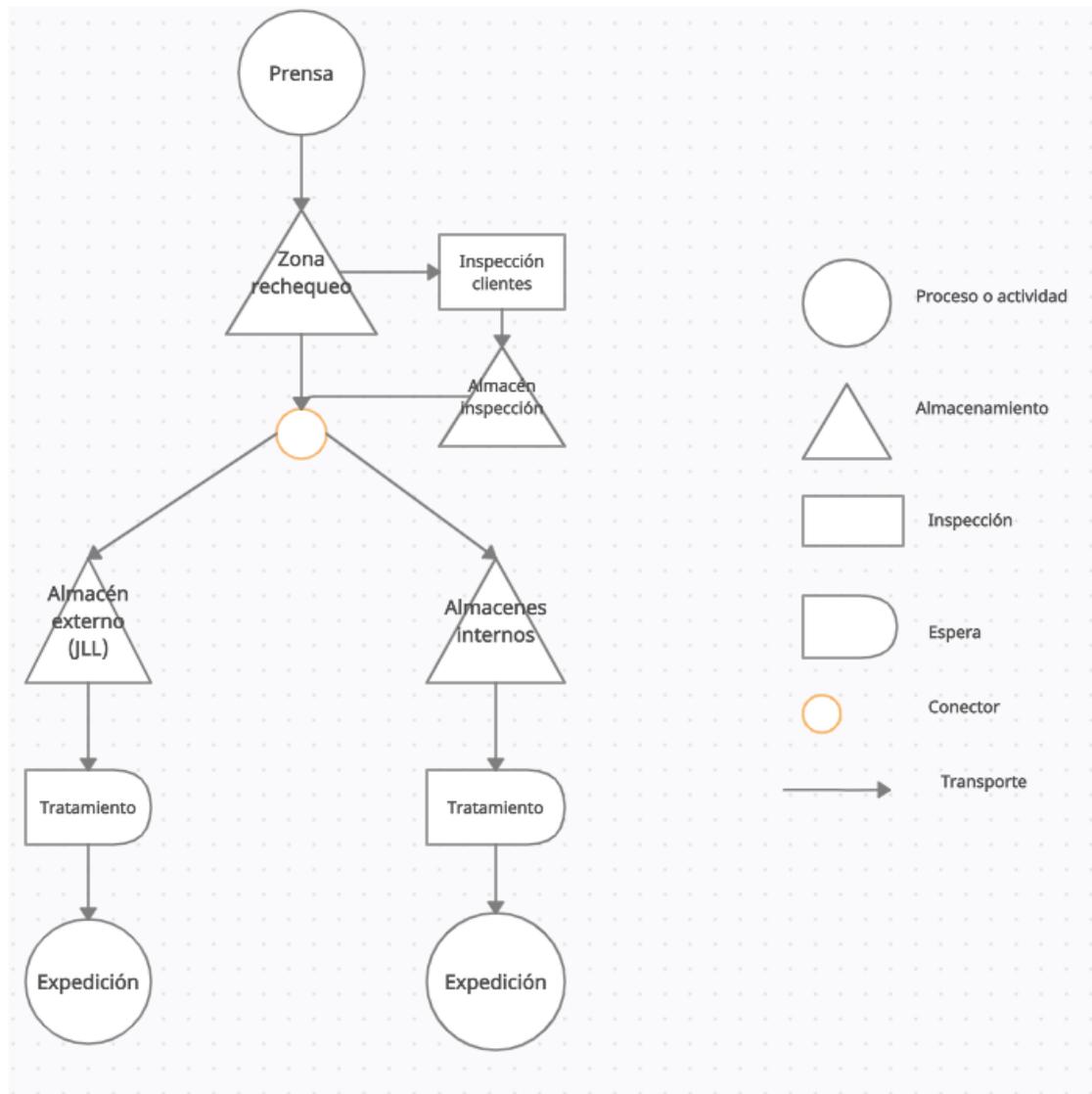


Figura 2-15. Diagrama de flujos de subproductos.

2.2.3.2. Materiales auxiliares

Se entiende por materiales auxiliares a aquellos que son necesarios y complementan a la materia prima en el proceso productivo. En el caso de CETARSA, la lista de materiales auxiliares estaría compuesta principalmente por los siguientes elementos:

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

- Tablillas.
- Flejes.
- Componentes de las cajas C48:
 - Papel Kraft (no todos los clientes lo requieren).
 - Tapas.
 - Fondos.
- Cajas usadas. Para ser entregadas al cultivador y poder realizar el proceso de compra.
- Palets (europeos y normales).
- Etiquetas:
 - Producto crudo: Etiquetas de compra y preselección.
 - Strip: Etiquetas definitivas y provisionales.
 - Subproducto: Etiquetas de colores por tipo de subproducto.

El flujo físico de todos los materiales auxiliares sigue un mismo patrón. Una vez los materiales han sido comprados y entregados por los proveedores, estos pasan a almacenarse en la zona de rechequeo, donde según las necesidades de producción irán siendo suministrados a cada área. La totalidad de los pedidos de materiales auxiliares se entregan en Talayuela, no obstante, el centro de Talayuela suministra parte de estos a la fábrica de Navalmoral para llevar a cabo su actividad (de esta forma se tiene un control más exhaustivo de los inventarios)

2.2.4. Gestión del sistema logístico

2.2.4.1. Software en uso

Principalmente, la gestión del área logística en Talayuela se lleva a cabo a través del uso de plantillas Excel y un programa llamado Virginia con el que se gestionan además otros aspectos de la empresa como producción, almacenes, contabilidad, transportes, etc.



❖ Microsoft Excel

La principal labor de estas plantillas de Microsoft Excel es el control de las existencias y su ubicación con la mayor exactitud posible para llevar a cabo la operativa de la fábrica. La forma de gestionar el producto crudo y terminado a través de Excel se basa en la simulación de los puntos de almacenaje dentro de la fábrica en la plantilla y representar sus filas, espacios ocupados, grados o productos terminados almacenados y cantidad. Como ejemplos de simulación de ciertas zonas de almacenaje en la empresa muestro a continuación la nave nº 8 y la zona de preselección:

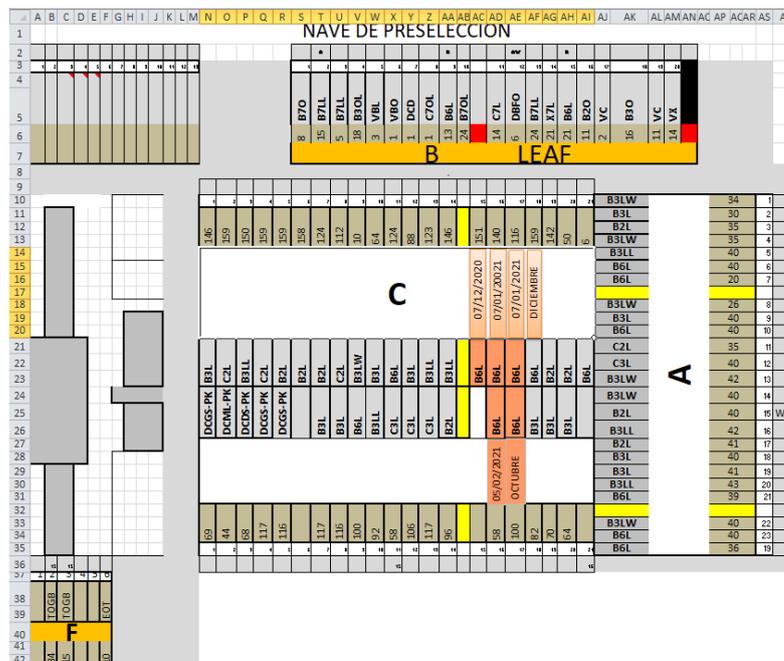


Figura 2-16. Plantilla de Microsoft Excel para el control de nave de preselección.

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

NAVE 8							
GRADO		N° CAJ			N° CA		GRADO
PX3L-19	HOJA	75	41I	41D	75		
PX3L-19		75	40I	40D	75		
PX3L-19		75	39I	39D	75		
PX3L-19		53	38I	38D	75		
PC6L-19		65	37I	37D	75		
PB3L-19	PB6D-19 16	49	36I	36D	51		
WC3D-19	PB3D-19 25	37	35I	35D	50		
PVBD-19	PVBL-19 16	33	34I	34D	21		
PX3L-20		76	33I	33D	76		WX3L-20
PX3L-20		76	32I	32D	76		WX3L-20
PX3L-20		19	31I	31D	76		WX3L-20
WX3D-20		76	30I	30D	25	WVX-14-WX4L-1	WX3L-20
WX3D-20		76	29I	29D	76		WX4L-20
WX3D-20		76	28I	28D	76		WX4L-20
WX3D-20		76	27I	27D	76		WVX-20
WX3D-20		76	26I	26D	76		WC3D-20
WX3D-20		76	25I	25D	38		WC3D-20
WX2D-20	WX3D-20 8 CAJAS	68	24I	24D	72		WX7D-20
WX2D-20		67	23I	23D	40		
WX6D-20		76	22I	22D	38		
WX6D-20		76	21I	21D	32		
WX6D-20		76	20I	20D	28		
WX6D-20		76	19I	19D			
WX6D-20		76	18I	18D			
WX6D-20		76	17I	17D			
WX6D-20		76	16I	16D			
WX6D-20		76	15I	15D			
WX6D-20		76	14I	14D			
WX6D-20		76	13I	13D			
WX6D-20		31	12I	12D			
WX2L-20		76	11I	11D			
WX2L-20		76	10I	10D			
WX2L-20		76	9I	9D			
WX2L-20		76	8I	8D			
WX2L-20		76	7I	7D			
WX2L-20		76	6I	6D			
WX2L-20		76	5I	5D			
WX2L-20		76	4I	4D			
WX2L-20		76	3I	3D			
WX2L-20		57	2I	2D			
			1I	1D		LABORATORIO	

Figura 2-17. Plantilla de Microsoft Excel para el control de nave 8/8.

Tanto el Virginia como las plantillas Excel utilizadas cooperan para tratar de obtener la información más veraz a cerca de los inventarios, no obstante, la recogida de información no se realiza del mismo modo.

Las plantillas Excel, gestionadas por el supervisor y responsables de almacenes del centro de Talayuela son actualizadas de dos formas:

1. Una vez que un operario de almacén realiza un movimiento, este notifica la actualización en los almacenes al personal para que realice las modificaciones oportunas en la plantilla.



2. Utilizando el programa Virginia como soporte para conocer las existencias reales, se realiza un inventario físico para comprobar si las existencias en Excel coinciden con las registradas en el Virginia.

❖ Virginia

El software Virginia (Figura 2-18) funciona a modo de ERP para la empresa. Este programa se desarrolló en el 1984 por lo que, pese a abarcar muchos campos de la empresa y ser esencial para su operativa, se encuentra bastante obsoleto.

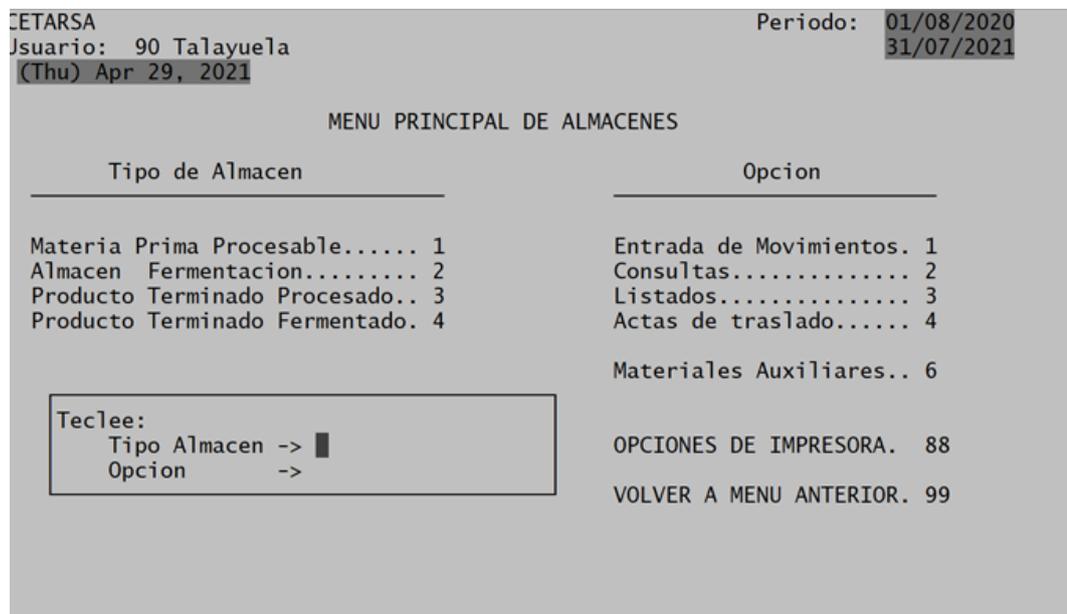


Figura 2-18. Muestra de interfaz software Virginia.

En el caso de logística, los principales campos a tratar son los de producción, almacenes y transportes.

- Producción. En el software Virginia se registran las cajas de producto crudo, cajas rechazadas y producto terminado resultante de la producción. Para que estos datos formen parte del sistema tienen que ser introducidos manualmente por el personal administrativo.

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

- Almacenes. En ellos consta las unidades de cajas de producto crudo, producto terminado, materiales auxiliares y el almacén en que él se encuentran (Navalmoral, Jaraíz, Jarandilla, Talayuela o "nave Rivera"). Para que estos datos formen parte del sistema tienen que ser introducidos manualmente por el personal administrativo.
- Transportes. A través de actas en los que se especifica el contenido, cantidad y origen-destino de los transportes se actualizan las existencias de unos almacenes a otros. Para que estos datos formen parte del sistema tienen que ser introducidos manualmente por el personal administrativo.

2.2.4.2. Limitaciones de los recursos actuales

❖ *Limitaciones Microsoft Excel*

- La actualización y conteo de los inventarios en Microsoft Excel se hace de forma totalmente manual.
- Se pueden producir numerosos incidentes fruto de un mal conteo en el inventario físico, errores al comunicar los movimientos realizados, errores al actualizar las plantillas en Excel o modificar accidentalmente las plantillas.

❖ *Limitaciones Virginia*

- Crea fuertes cargas administrativas para el registro diario de toda la información.
- No muestra el inventario en tiempo real. Existe una brecha entre la información que ha sido introducida y la real, ya que el personal administrativo bien por horarios o carga de trabajo no actualiza estos datos al momento, pudiendo esta información tardar hasta 24h en ser actualizada.
- Pese a que muestra las existencias por centro de trabajo no diferencia su ubicación entre las distintas áreas de almacenamiento dentro de cada centro ni su ubicación exacta.



Capítulo 3. Tecnología RFID

3.1. Fundamentos de la tecnología RFID

3.1.1. Introducción a los sistemas RFID

Las siglas RFID provienen del inglés *Radio Frequency Identification* o identificación por radiofrecuencia. La esencia de esta tecnología es el seguimiento de un activo a través de distintos soportes software y hardware de forma remota, es decir, no requiere de contacto visual ni una cercanía extrema con los dispositivos de captación de datos.

En términos generales, las necesidades que tiene un sistema RFID (Figura 3-1) para su puesta en marcha son las siguientes (Ramírez & Meléndez, 2014):

- Hardware:
 - Tag's, transponder o etiquetas: Ubicadas en el activo a controlar y cuya finalidad es el almacenamiento de los datos del activo para su posterior lectura. Estos tag's pueden ser pasivos (necesitan recibir una señal externa para su activación) o activos (emiten su propia señal).
 - Antenas: Encargadas de activar los tag's RFID pasivos para que puedan ser registrados por los lectores.
 - Lectores: Su función es recoger los datos almacenados en los tag's RFID para su envío al soporte software en uso.
- Software: Generalmente se trata de un "middleware" encargado de descodificar y enviar los datos obtenidos del hardware RFID hacia los sistemas ERP, MRP, WMS, etc. que utilice la empresa.

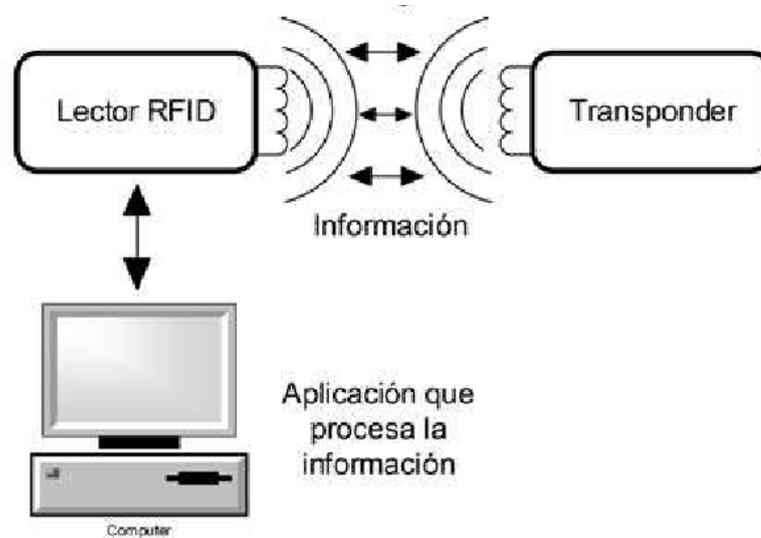


Figura 3-1. Esquema simple de un sistema RFID

Además de disponer del soporte hardware y software necesario, se han de tener en cuenta algunos factores antes de desarrollar un sistema RFID:

- El rango de alcance de deseado.
- La información a almacenar en los tag's.
- La velocidad de lectura necesaria de los lectores.
- Las dimensiones de los tag's.
- Las posibles interferencias entre tag y lector.
- Elegir entre el uso de tag's activos o pasivos.
- La potencia del tag.

La tecnología RFID opera a través de la emisión y recepción de radiofrecuencias para la gestión remota de los activos. Los dispositivos RFID pueden operar a frecuencias muy dispares que van desde los 50KHz- 14MHz hasta 14MHz-2.5GHz, esta variabilidad de frecuencias permite adaptar la tecnología RFID a distintos entornos, caracterizándose las frecuencias más bajas por un mayor coste, un menor



alcance de lectura y menor riesgo de interferencias y las más altas por un coste más reducido con una distancia de lectura y un riesgo de interferencia mayores.

Con esta capacidad de adaptación de los sistemas RFID y pese a que su principal aplicación es el sector logístico, su uso también se extiende a otros sectores como el textil o el sanitario.

3.1.2. Funcionamiento básico de un sistema RFID

Un sistema RFID generalmente parte de dos elementos principales: las etiquetas o tags (compuestas por silicio) y los lectores. Los tags se encargan de almacenar los datos del activo mientras que los lectores son los encargados de recepcionar estos datos.

Para que este intercambio de información pueda llevarse a cabo se deben dar los siguientes 3 pasos:

1. El lector emite señales de radiofrecuencia constantemente a la espera de que sean captadas por algún tag. Los tags activos realizarán el envío de la información de forma autónoma mientras que los tags pasivos han de ser activados mediante alguna señal de radiofrecuencia externa.
2. Esta antena que recepciona la señal es también la encargada de enviar de vuelta al lector la información almacenada en el chip del tag.
3. El lector capta la señal de vuelta y envía los datos al soporte informático encargado de gestionar esta información con los datos y ubicación del activo.

Esta comunicación e intercambio de información entre tag y lector se realiza gracias al uso de ondas de radiofrecuencia y las características de estas ondas determinaran el rango, velocidad e interferencias en la lectura de los tags. A la variación de las características (amplitud, frecuencia, datos a transmitir, etc.) de estas ondas de radiofrecuencia se lo conoce como modulación y se suelen aplicar las siguientes técnicas (Urbina R.J. ,2011):

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

- ASK. Amplitude Shift Keying.
- FSK. Frequency Shift Keying.
- PSK. Phase Shift Keying.

Para los distintos rangos de frecuencias se usan distintos métodos de propagación de la información. Para las frecuencias más bajas se utiliza el acoplamiento inductivo mientras que para las frecuencias más altas es el sistema de propagación de ondas el método empleado.

❖ *Acoplamiento inductivo*

En este método (Figura 3-2) la frecuencia es emitida por una antena que activa los tags cercanos para establecer comunicación, por lo tanto, esta conexión se realiza cuando el tag se encuentra en el radio de acción de la antena que emite la señal (para aumentar el rango de lectura se ha de incrementar la potencia de la antena). Tras esto, el lector crea un campo electromagnético y se conecta con los tags previamente activados para captar la información que estos almacenan (Urbina R.J. ,2011).

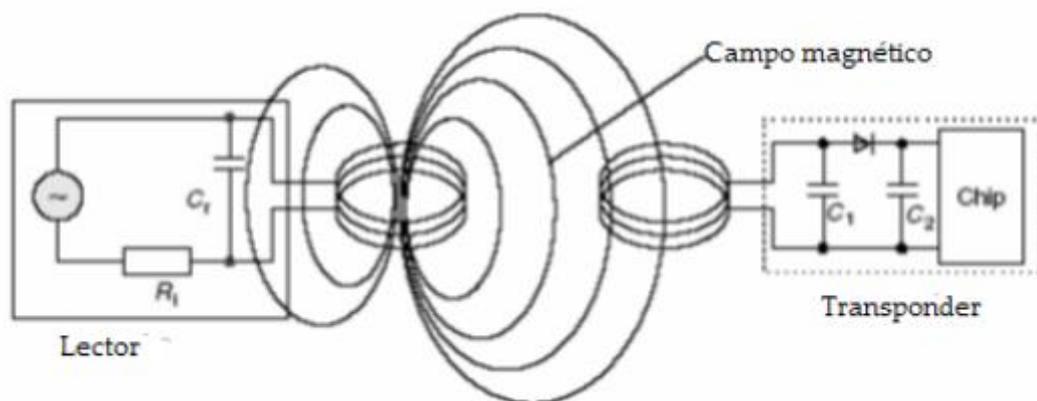


Figura 3-2. Esquema de acoplamiento inductivo

Este tipo de acoplamiento se caracteriza por la necesidad de una antena que active los tags para su posterior lectura, no obstante, existen 3 tipos de modulación distintos para la conexión entre lector y tag: load modulation, load modulation con subportadora y subarmónicos.

- Load modulation. La conexión tag-lector se lleva a cabo con la conexión y desconexión de la resistencia de carga, lo que resulta en una variación en el voltaje de la antena del lector. Los tiempos de conexión-desconexión son controlados por los datos y es de esta manera como se transfieren los mismos del tag al lector.
- Load modulation con subportadora. En este método (Figura 3-3), para poder controlar las oscilaciones que se producen en la antena del lector (inferiores a la tensión de salida del mismo) se incorpora en el tag una resistencia de carga que se conecta/desconecta a una frecuencia elevada.

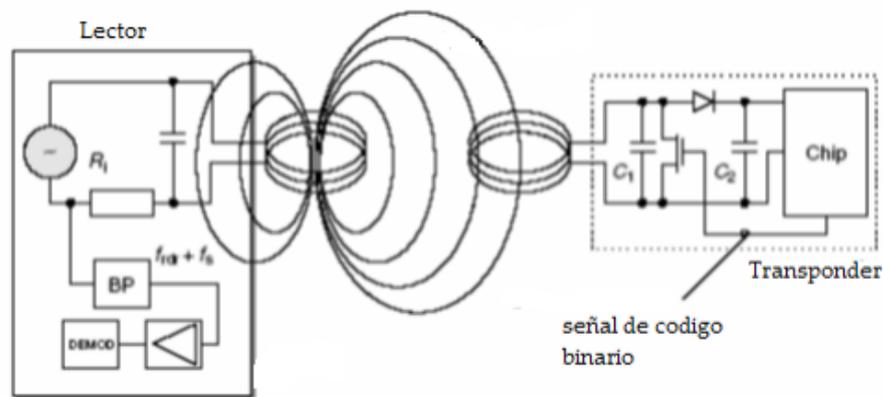


Figura 3-3. Esquema de acoplamiento inductivo por load modulation con subportadora.

- Subarmónicos. Para llevar a cabo este método (Figura 3-4) se utiliza la mitad de la frecuencia del lector. La señal es modulada por el flujo de datos y es emitida por el tag, para que esto sea posible es necesario que el tag disponga de un divisor binario de frecuencia.

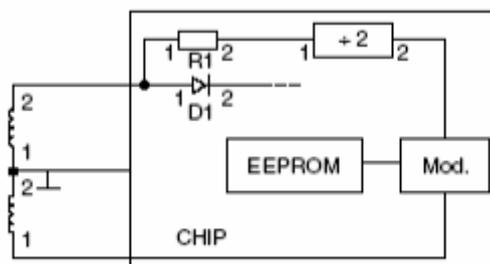


Figura 3-4. Esquema de acoplamiento inductivo por subarmónicos

❖ **Acoplamiento por propagación de ondas electromagnéticas**

También conocido como sistemas “backscatters” se trata de un sistema de transmisión de información de largo alcance destinado a las frecuencias UHF (868MHz) y microondas (2.5GHz) La principal ventaja de operar con estas frecuencias es el largo alcance de lectura que poseen, lo que permite el uso de tags con antenas de menor tamaño (Urbina R.J. ,2011). La comunicación en este método (Figura 3-5) se realiza de la siguiente forma:

1. Las ondas electromagnéticas emitidas por el interrogador del lector alcanzan al tag, una vez esto sucede el tag es activado y modula la información recibida.
2. La señal es enviada de vuelta gracias a la fluctuación de la resistencia de carga, con los datos almacenados en el tag.
3. El interrogador del lector capta la información transmitida por el tag al percibir una alteración en su propia señal.

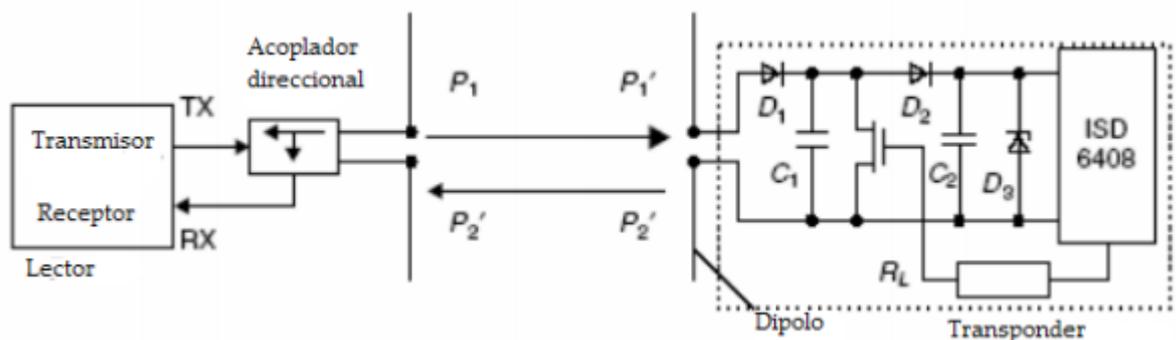


Figura 3-5. Esquema de Acoplamiento por propagación de ondas electromagnéticas



3.1.3. Pros y contras del uso de RFID

La expansión del uso de tecnología RFID tanto en el entorno público como privado no ha sido una casualidad, su polivalencia, la escasa necesidad de actuación de los trabajadores y las mejoras que reporta a las compañías lo convierte en foco de inversión atractivo para empresas de diversos sectores. Entre los pros y contras que proporciona la implantación de sistemas RFID en una compañía podemos destacar (Urbina R.J. ,2011):

❖ **Pros**

- Se trata de una tecnología inalámbrica que permite reducir costes y agilizar procesos lo que resulta en un aumento de la producción con una gestión en tiempo real.
- El hardware RFID es duradero y sus tiempos y costes de implantación no resultan extremadamente altos respecto a los beneficios que reporta.
- Permite aumentar la seguridad de los activos controlados al seguir su trazabilidad.
- Mejora la toma de decisiones al dar visibilidad al inventario en tiempo real.
- Permite cuantificar los sistemas logísticos al medir parámetros como el ciclo de vida de un producto, las transacciones o la producción.
- No es necesario el contacto visual lector-tag ni una cercanía extrema para la captación de datos lo que agiliza ciertas labores logísticas.
- Relacionado con el punto anterior, las etiquetas no necesitan estar ubicadas en el exterior del activo a diferencia de los códigos de barras tradicionales.
- Elimina la necesidad de que un trabajador realice el registro manual de materiales, automatizando este proceso.

❖ **Contras**

- Es posible que la radiofrecuencia en la que se opere este limitada por interferencias en el entorno.

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

- Los productos metálicos o líquidos dificultan la implantación de esta tecnología, dado que sufren un mayor número de interferencias.
- Las etiquetas dañadas pueden no ser leídas correctamente, lo que puede dificultar en ocasiones la operativa.
- No existe un estándar global para esta tecnología, por lo que dependiendo de la zona geográfica en la que se implante se verá limitada o condicionada por distintas normas.

Como se ha detallado en el esquema anterior, los pros superan con creces a las contras de los sistemas RFID. Mientras que los pros son de aplicación general, los contras se deben en mayor medida a las particularidades de cada empresa como el sector o las características de los materiales con los que se trabaja. En el caso de CETARSA, el producto se traslada en cajas de cartón lo cual es el entorno más favorable para la implantación de tags, además, las dimensiones de las cajas favorecen a que los tags no sean dañados mientras son manipulados por los operarios.

3.2. Elementos de la tecnología RFID

Para que un sistema RFID lleve a cabo su actividad, es necesaria la implantación de diferentes soportes tanto hardware como software para la captación y gestión de los datos. En este apartado, se detallarán de forma específica tanto software como hardware que previsiblemente serán necesarios para este proyecto. Estas necesidades se podrían resumir en:

- Necesidades Hardware
 - Tags RFID.
 - Impresoras para tags RFID.
 - Lectores fijos (en forma de arco y dispositivos portátiles).
- Necesidades Software
 - Middleware para la gestión de los datos recopilados.



3.2.1. Hardware

3.2.1.1. Tags

Los tags o etiquetas (por la forma en que se adhieren a los objetos) se presentan como el punto central de un sistema RFID. Son estos tags los que van adheridos a los activos a controlar y sus características variarán según al sector al que estén destinados.

❖ **Componentes**

Los componentes de una etiqueta RFID (Figura 3-6) son los siguientes:

- Una memoria no volátil, en la que se almacenan los datos de los activos.
- Una memoria ROM, para almacenar las instrucciones básicas y el funcionamiento del tag.
- Una memoria RAM, para almacenar datos durante la comunicación con los lectores.
- Una antena, para activar el tag y poder transmitir o recibir los datos. Las dimensiones de esta antena determinarán la capacidad de lectura del tag.
- Otros componentes electrónicos que procesan la señal de la antena y procesan los datos (buffers, filtros, etc.)

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

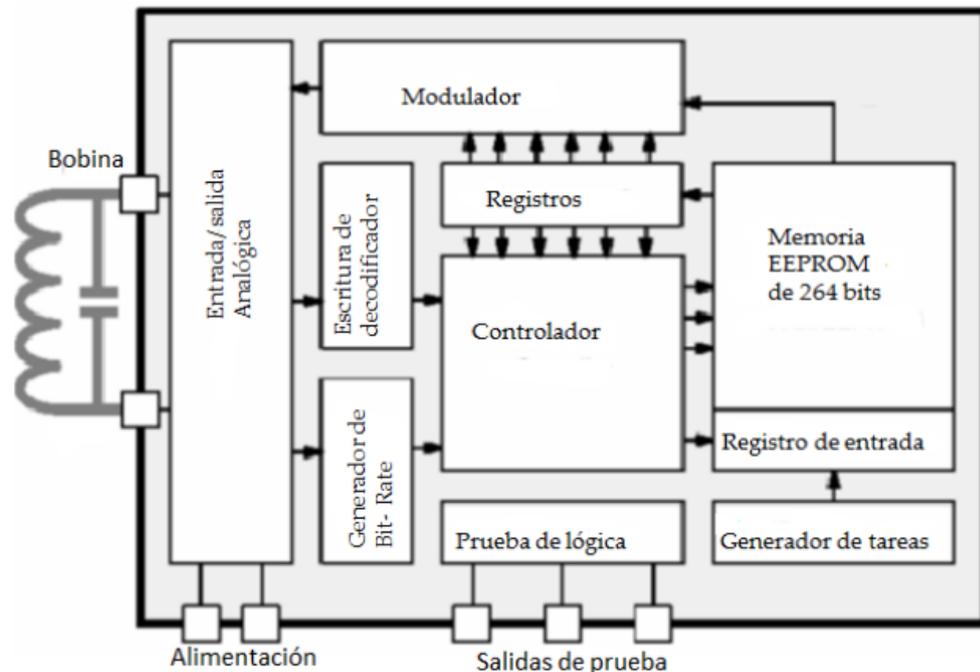


Figura 3-6. Esquema de un tag RFID

❖ **Tags activos y pasivos**

La principal diferenciación de los tag RFID es de donde obtienen la energía, es decir, si emiten una señal propia gracias a incorporar una batería (tag activo) o si necesitan ser activados por campos magnéticos externos emitidos por una antena (tag pasivo). A parte existen tag semi-pasivos que combinan a los dos anteriores y la elección entre estas opciones dependerá de las funciones que se pretende que abarque el sistema RFID. Las principales diferencias (Tabla 1) entre tag activo y pasivo son (Ramírez & Meléndez, 2014):

	Tag pasivo	Tag activo
Alcance	0.01-10 metros	10-100 metros
Alimentación	Campo magnético externo (RF)	Batería propia



Tiempo de vida	Ilimitado	Duración de la batería (alrededor de 10 años)
Tipo de comunicación	Señalización pasiva	Señalización activa
Ámbitos de aplicación	Inventario objetos, rastreo de animales o tarjetas inteligentes	Aplicación en humanos, contenedores, etc.

Tabla 1. Características de los distintos tipos de tag RFID.

Existe otro punto diferenciador entre ambas y quizás sea el más determinante. Esta diferencia se trata del precio por unidad de los tag activo y pasivo, siendo el coste del primero cuatro veces mayor que el de un tag pasivo. Esto hace que para la compra y uso de grandes volúmenes de etiquetas como es el caso de CETARSA sea más interesante la implantación de tag pasivos.

❖ **Frecuencias**

Además de las fuentes de alimentación, los tags RFID se pueden diferenciar por las frecuencias en las que operan. Este aspecto se verá afectado principalmente por las interferencias en las zonas de aplicación y la velocidad de lectura deseada. Los principales rangos de frecuencias en los que opera un sistema RFID (Tabla 2) son los siguientes (Dressen, 2004):

	Frecuencia	Alcance	Velocidad de lectura	Ámbito de aplicación
LF (Low Frequency)	120-134KHz	Menos de 1 metro	Baja	Producción, control de accesos, identificación

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

				animales, etc.
HF (High Frequency)	13.56 MHz	Hasta 3 metros	Alta	Lavandería, impresión de billetes, registros a gran escala, etc.
UHF (Ultra High Frequency)	868-956 MHz	De 10 a 100 metros	Alta	Almacenamiento, logística, registro palés, seguimiento contenedores, etc.
Microwave o ISM (Industrial Scientific and Medical)	2.45 GHz	De 3 a 300 metros	Muy alta	Identificación de vehículos, sistemas de peaje , etc.

Tabla 2. Rangos de frecuencia de un sistema RFID.

Nuevamente existe una diferencia de precios entre las distintas opciones, siendo las frecuencias más altas las que ofrecen una mayor distancia de lectura y unos precios más competitivos. Por ello, en el área logística dado que generalmente se gestiona el flujo de una gran cantidad de materiales se tienden a utilizar las frecuencias UHF (no obstante, las características del sector determinaran el rango de frecuencia a utilizar).

3.2.1.2. Impresoras RFID

El objetivo fundamental de estas impresoras (Figura 3-7) es dar valor a los tags para posteriormente ser adheridos al activo que se busca controlar. Existen dos formas de impresión en este tipo de impresoras:

- Impresión térmica directa. El cabezal de la impresora entra directamente en contacto con la etiqueta para su impresión. Esto hace que el proceso sea



más rápido y económico dado que no se necesitan otros materiales auxiliares, no obstante, la vida útil de dicha etiqueta será menor que si la impresión se hubiera realizado por transferencia térmica.

- Transferencia térmica. En este método de impresión se introduce en la impresora una cinta ribbon, cinta que contiene el material (cera o resina) que quedará adherido al situarse entre el cabezal de la impresora y la etiqueta. Este método de impresión tiene la ventaja de ser el más duradero, no obstante, la necesidad de cintas ribbons encarece la impresión.

La elección de un método u otro depende de la durabilidad deseada de las etiquetas introducidas. Esto dependerá de factores como el número de manipulaciones que sufren los materiales o las condiciones ambientales de temperatura, humedad, etc. a las que se ven expuestos.

Relativo a los tags RFID, existen impresoras que en el momento de impresión realizan un proceso de *read-write-read* mientras que otras tan solo realizan *read-write*. La diferencia entre ambos términos viene en la forma de trabajar con los tags, mientras que el *read-write* primero lee el contenido de la etiqueta y si este es válido realiza la impresión, el método *read-write-read* añade un paso a mayores realizando una lectura del tag tras ser impreso para asegurarse de este modo que la impresión se ha realizado de la forma correcta.



Figura 3-7. Impresora industrial para tags RFID

3.2.1.3. Lectores RFID

El lector al igual que los tag, se trata de uno de los ejes centrales de un sistema RFID, puesto que un tag sin un dispositivo que recepcione su información no tendría ninguna utilidad. En esto consiste la función de un lector, en enviar señales de radiofrecuencia para detectar los tags que se encuentren en su rango de acción. Los lectores se pueden dividir en:

- Sistemas con bobina simple. Una única bobina se encarga de transmitir energía y datos lo que reduce su coste pero también su alcance.
- Sistemas interrogadores con dos bobinas. Las funciones de emitir energía y datos se dividen entre las dos bobinas que poseen estos lectores. Esto hace que su coste se incremente pero también su rango de alcance.

El grado de complejidad del lector será igual al del tag, dado que el lector ha de ser capaz de captar, adaptar y corregir los posibles errores de la información recibida. Estos lectores están diseñados para trabajar con diferentes lenguajes de



programación como son .Net, Java o XML entre otros, de esta forma se consigue que los datos captados por los lectores sean fáciles de procesar.

En el caso de este estudio, no se trabajará con lectores tradicionales sino que por la operativa de la empresa la opción más destacada es la de lectores en forma de arco (Figura 3-8), tanto para las básculas de pesaje de camiones como para la entrada en producción. Este tipo de dispositivos permite la lectura de un gran volumen de tags al atravesar su estructura, lo que resulta especialmente interesante para CETARSA dada la solución de trazabilidad de materia prima que desean implantar.

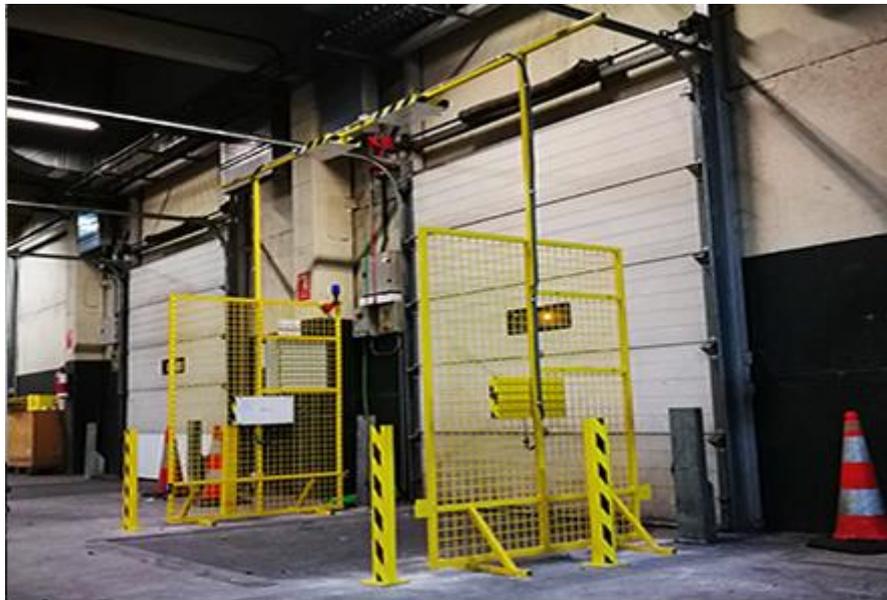


Figura 3-8. Muestra de un arco RFID.

A mayores, para el desarrollo de este proyecto serán necesarios lectores portátiles RFID (Figura 3-9) que además de ser un lector de tags RFID permita reescribir su contenido. Con esto se busca que las cajas rechazadas en el proceso de preselección por no corresponderse al grado industrial señalado puedan volver a ser incluidas en el sistema de gestión con un nuevo nombre.



Figura 3-9. Muestra de un dispositivo portátil RFID

3.2.2. Software

3.2.2.1. Middleware o WMS limitado

Los sistemas RFID se presentan como una gran oportunidad de enlazar el mundo físico con el informático, pudiendo registrar los datos en tiempo real de los flujos de materiales. Para que esto se pueda llevar a cabo, es necesario el disponer de un soporte software al cual vayan todos los datos captados. Por ello y generalmente, las empresas que utilizan tecnología RFID disponen de un programa informático middleware que enlaza los datos captados con el sistema de gestión en uso en la empresa (WMS, ERP, MRP, etc.).

En el caso de CETARSA, dado que no dispone de ningún sistema de gestión, el propio middleware o un WMS limitado cumpliría con estas funciones, ya que, además, se puede especificar en su contratación la programación de ciertos parámetros y KPIs interesantes para cuantificar el sistema logístico de la compañía.

Las funciones básicas de este tipo de software son los siguientes:



- Gestionar los dispositivos hardware RFID y recopilar la información recepcionada y emitida por los mismos.
- Conocimiento de los inventarios en tiempo real, así como su localización.
- Comprobar que los datos recepcionados son correctos para evitar posibles incidencias.
- Disponer de la información recopilada para cuando sea necesario su uso.

3.3. Normas y estándares EPC e ISO

Pese a que anteriormente en este estudio se ha mencionado que existe diferencia a nivel global en la aplicación de tecnología RFID, como es el caso de la frecuencia UHF en Estados Unidos y Europa (una diferencia en el ancho de banda en el que se opera más que en la frecuencia en sí), sí que existen ciertas normas y recomendaciones como es el caso de las normas ISO y EPC.

❖ ISO

Las normas ISO hacen referencia a las siglas en inglés de *International Organization for Standardization* u Organización Internacional de Normalización o Estandarización, cuyo principal objetivo es el agilizar la operativa empresarial a nivel global asegurando además la calidad y seguridad de los productos y servicios.

En lo relativo a RFID, la principal norma es la ISO18000 que a su vez se subdivide en hasta siete categorías dependiendo de la frecuencia con que se opere:

- 18000-1. Frecuencias de aceptación global
- 18000-2. Frecuencias por debajo de 135KHz
- 18000-3. Frecuencias en torno a 13.56MHz
- 18000-4. Frecuencias en torno a 2.45GHz
- 18000-5. Frecuencias en torno a 5.68 GHz
- 18000-6. Frecuencias de 860 a 960 MHz
- 18000-7. Frecuencias entorno a 433MHz

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

En el ámbito logístico cobra especial importancia la norma ISO 18000-6 (relativa a las frecuencias UHF) que además ratifica el estándar de identificación EPC Class 1 Gen 2.

A parte de la ISO 18000, existen otras normas que regulan ciertos aspectos de la tecnología RFID:

- ISO 15961 y 15962. Relativo a la identificación de objetos.
- ISO 17363, 17364, 17365, 17366 y 17367. Administración de artículos, contenedores, transportes retornables, unidades de transporte, embalaje de productos y etiquetado.

❖ EPC

EPC o Código Electrónico de Producto se trata de la clave de identificación estandarizada de un activo desarrollada por la organización independiente EPC Global Inc. El formato de un código EPC (Figura 3-10) está compuesto por los siguientes apartados:



Figura 3-10. Estructura de un código EPC

- Encabezado. Muestra la versión numérica del código.
- Administrador. EPC da un identificadora único a la empresa en el código
- Categoría. Se identifica la tipología del producto (similar a un SKU o Stock-Keeping Unit) con la finalidad de identificar los productos en el mercado.
- Número de serie. Diferencia un artículo dentro de una categoría y la entidad administradora es responsable de asignar n^o de series no repetidos.



Capítulo 4. Propuesta de mejora

4.1. Justificación de la propuesta

4.1.1. Problemática de la empresa

El presente estudio parte con el objetivo de solucionar parte de la problemática actual y de dar un primer paso hacia la cuantificación del sistema logístico de CETARSA. Esta problemática se puede resumir en los siguientes aspectos:

- CETARSA no dispone de sistemas ERP, MRP o WMS para la gestión de su operativa, sino que gestiona su sistema logístico a través de un software conocido como Virginia y plantillas de Microsoft Excel. Estos soportes pese a ser esenciales y operativos para la empresa no facilitan la evaluación y control de su sistema logístico.
- La introducción de la información en el software en uso se realiza a través de la mecanización de informes y actas por parte del personal administrativo. Debido a las altas cargas administrativas que esto supone, la mecanización de estos datos no se realiza al momento si no que puede llegar a tardar hasta 24h, por lo tanto, los datos disponibles generalmente no se corresponden con las existencias reales.
- La introducción de los datos por el personal administrativo está sujeta a posibles errores de mecanización. La falta de otra fuente de información alternativa que compruebe la veracidad de estos datos origina que en ocasiones la toma de decisiones se realiza bajo condiciones de incertidumbre.

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

- Estas condiciones de incertidumbre anteriormente descritas provocan que en el mes de diciembre de cara a realizar una auditoría (ya que el tabaco está sujeto a impuestos especiales) se cese la actividad de la fábrica durante varios días para realizar un inventario físico de las existencias, con los elevados costes asociados que esto supone para CETARSA.

4.1.2. Delimitación del proyecto

Antes de realizar la propuesta de mejora y analizando previamente las características de la empresa, los factores que delimitarán la amplitud del proyecto serán los siguientes:

- Dado que se trata de una primera toma de contacto con la tecnología RFID y la trazabilidad de los activos, las capacidades de inversión iniciales son limitadas. Tanto las soluciones software como hardware propuestas están delimitadas por este factor y se pretende que sea un punto de partida ante futuras ampliaciones.
- La edad media de los trabajadores de la empresa se sitúa alrededor de los 60 años, además, la experiencia laboral con soportes informáticos es limitada por lo que este proyecto buscará la menor implicación posible por parte de los operarios. Este es uno de los aspectos principales para el uso de tecnología RFID con el objetivo de que se automatice el proceso de captación de información.
- El principal flujo físico que se produce en CETARSA es de materia prima (o producto crudo) y producto terminado. Dado que por especificaciones de los clientes no se puede realizar ninguna modificación en las cajas de producto terminado, tan solo se registrará la trazabilidad de la materia prima.



4.1.3. Elección de RFID

Previamente a la elección de RFID como forma de etiquetado y codificación para la trazabilidad de la materia prima, se barajó la posibilidad de utilizar los códigos de barras ya existentes o implementar el uso de códigos QR. No obstante, el uso de códigos de barras o códigos QR no es viable por los siguientes motivos:

- Para su lectura y captación de los datos es necesario un contacto visual con el lector. La manipulación de las cajas transportadas (en packs de 6), sumado a la forma de almacenamiento en bloque que utiliza la empresa hace que sea imposible la lectura automática de estos códigos (dado que siempre existe alguna caja inaccesible al lector).
- La captación de datos se debería llevar a cabo de forma manual lo que conllevaría a que los operarios realizasen un menor número de movimientos de materiales a los necesarios.
- La elevada edad media del personal y su escaso conocimiento de soportes informáticos ralentizaría aun más la operativa y podría ocasionar numerosos errores o faltas de lectura.

Mas allá de los inconvenientes propios del uso de códigos de barras o QR, el uso de RFID se posiciona por delante de las anteriores opciones por las siguientes razones:

- No es prácticamente necesaria la intervención de los trabajadores para la captación de datos, lo cual es una premisa fundamental en este estudio.
- No es necesario un contacto visual a los lectores por lo que el almacenamiento en bloque y los transportes en packs de 6 no serían una barrera para la captación de datos.
- Su reutilización año a año permite conocer el trato que los proveedores dan a las cajas en su manipulación (ya que estas cajas son entregadas a los agricultores para transportar su cosecha). Esto puede llevar a fijar

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

sanciones a los agricultores que deterioren en mayor medida las cajas y no permitan su reutilización.

- Por último, la empresa expresó su preferencia por el uso de RFID delante de otros fuentes sobre las que captar la información como los códigos QR o el uso de los códigos de barras incluidos en las etiquetas actuales.

4.1.4. Estudio de proveedores

En primer lugar, cabe destacar que CETARSA forma parte del grupo SEPI, lo que significa que en caso de realizar una inversión se debe realizar una subasta pública en la que distintos proveedores pujan por llevar a cabo el proyecto. Por este motivo, pese a que se realice una comparación de distintos proveedores del mercado, no se podrá extraer una decisión concluyente.

Para la elaboración de esta propuesta se han solicitado información a distintas empresas a cerca de las necesidades estimadas de hardware RFID, así como posibles soluciones software (detalladas en el apartado 4.3.) capaces de cumplir con los requerimientos deseados. Las empresas que han proporcionado información suficiente para este estudio y de las cuales se realizará una comparativa han sido las siguientes: Dipole, Tags Ingenieros, MOINSA e IMASDE Extremadura:

❖ **Necesidades hardware:**

En cuanto a equipos RFID, se solicitó información acerca de las siguientes necesidades hardware:

- 4 equipos RFID portátiles de mano.
- 4 arcos RFID para báscula de camiones.
- 2 arcos/tótems RFID para la entrada a procesos.
- 1 arco/tótem RFID para el proceso de compra.
- 1 impresora RFID
- 150000 tags UHF.



Tanto Dipole, Tags Ingenieros, MOINSA como IMASDE Extremadura entregaron información acerca de precios, modelos y especificaciones técnicas sobre los distintos equipos con una gran semejanza en precios y llegando a coincidir en los mismo modelos propuestos en el caso de los equipos portátiles de mano (ZEBRA MC33). Además, de cara a la redacción de la oferta pública del proyecto todas las empresas coincidieron en que era de gran importancia el hecho de ofertar un servicio técnico certificado para estos equipos dentro del territorio nacional.

❖ **Necesidades software**

Pese a que el anterior punto demuestra que la diferencia de precios y modelos no parece ser un aspecto relevante en la elección de un proveedor, los soportes software propuestos si parecen ser un punto crítico.

Dado que CETARSA no dispone de software de gestión modernos como ERP, MRP, WMS, etc. el uso de RFID sin un soporte informático previo parece dificultar su puesta en marcha. Dipole, Tag Ingenieros, MOINSA e IMASDE Extremadura ofertaron las siguientes soluciones:

- Dipole. Dispone de un middleware prediseñado conocido como DIPOLE DATA SUITE que cumple con las características detalladas en el apartado 4.3.2.. Permite una implementación on premise o cloud además de poder ser Open Source de cara a optimizar los parámetros deseados por la empresa. Tiene la ventaja de tener un coste fijo inicial, sin necesidad de pago por licencias, no obstante, al no ser un WMS la ampliación de sus prestaciones se ve limitada.
- Tag Ingenieros. Debido a las exigencias de los clientes ha desarrollado un WMS de escasas prestaciones y bajo coste. Al igual que el software de DIPOLE, cumple con las características deseadas y el hecho de ser un WMS es de especial interés de cara a ampliar sus funcionalidades. Como contrapunto, este software tan solo podría ser implementado en la nube y

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

no on premise, lo que alteraría la forma de trabajo del equipo informático de CETARSA en la actualidad.

- MOINSA. Esta empresa dispone de un WMS ampliamente desarrollado conocido como Arcante. Al igual que los software anteriores, cumple con las especificaciones deseadas, pero no tiene las limitaciones de un middleware y permite una implantación en nube u on premise. Por lo tanto, se presenta como una opción más completa que las ofertadas por DIPOLE o Tagingenieros.
- IMASDE Extremadura. A diferencia al resto de empresas analizadas, IMASDE Extremadura no dispone de un software prediseñado, pero da la posibilidad de desarrollar uno a medida. Esta opción es la menos conveniente dado que elevaría los tiempos de implantación y no aseguraría su buen funcionamiento desde un primer momento, al no haber sido testeado en otras implantaciones anteriormente.

❖ *Líneas generales*

Para la redacción de una oferta pública que a su vez significará la selección de un proveedor para el proyecto se pueden dar las siguientes pautas generales:

- El coste de los equipos RFID no parece ser un elemento diferenciador siempre y cuando cumplan con los estándares adecuados (apartado 3.3.) y dispongan de un servicio técnico certificado de primeras marcas cercano.
- El software se posiciona como el punto crítico de esta propuesta, dado que las distintas empresas no ofertan soluciones homogéneas a diferencia de los equipos físicos. Por lo tanto:
 - Será destacable que el software contratado se adapte al sistema informático actual de la empresa (apartado 4.3.2.).
 - Su capacidad de expansión será relevante, dado que facilitará la implantación futura de un WMS complejo y completo.



- Los software previamente desarrollados e implantados en otras empresas serán preferibles, ya que de esta forma se cerciora su buen funcionamiento.

4.1.5. Disposición de los equipos RFID

La localización de estos equipos RFID viene dada por el análisis del flujo físico del producto crudo y ya que el objetivo es conseguir un saldo en tiempo real por centro se tratará de controlar las entradas del producto crudo en la empresa (compras), las salidas (entrada en producción) y movimientos interfábrica y salidas de producción (área de preselección).

- Equipos RFID portátiles de mano.

2 de estos equipos irán destinados al área de preselección de cara a que los responsables de este área reescriban sobre el tag su nuevo valor al ser rechazado del proceso (Ej: La caja de grado industrial X es rechazada del proceso ya que se considera del grado industrial Y, por lo que el tag RFID debe incluir esta nueva información).

Otros dos equipos irán destinados al personal de almacenes para facilitar la realización de inventarios y poder rastrear posibles cajas perdidas.

- Arcos RFID para báscula de camiones.

Es el punto en común de todos los transportes interfábrica, pese a que la carga/descarga se pueda realizar en distintos lugares. Es por este motivo que esta es la ubicación más idónea para reducir la inversión inicial y controlar todos los movimientos.

- Arcos/tótems RFID para la entrada a procesos.

Para poder obtener un saldo en tiempo real es necesario dar de baja las cajas que han entrado en producción. Por ello, será necesario introducir algún dispositivo RFID

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

en la cinta de rodillos del proceso de preselección para dar de baja del sistema dichas cajas.

- Arco/tótem RFID para el proceso de compra.

Al igual que sucede con la entrada en producción, es necesario registrar las entradas de material. Por esta razón, se debe incluir algún dispositivo RFID en la cinta de rodillos del proceso de compra que registre la entrada de las cajas una vez se les ha adherido el tag RFID.

- Impresora RFID

Antes de adherir un tag RFID a una caja este debe tener registrados los datos de interés para la gestión logística. Dado que el proceso de compra se realiza la adhesión de las etiquetas actuales será también el punto más idónea para incluir el tag.

4.1.6. Solución propuesta

Acorde a lo analizado en los puntos anteriores, para solventar la problemática actual con las delimitaciones detalladas la propuesta de mejora es la siguiente:

“Implantación de tecnología RFID para la trazabilidad de la materia prima en los centros de Jarandilla, Jaraíz, Naval Moral y Talayuela”

La principal delimitación a la amplitud del uso de RFID viene dada por la búsqueda de un presupuesto inicial reducido, por ello, el objetivo de este proyecto es el conocimiento de las existencias totales en tiempo real por cada centro de la compañía, sin buscar un mayor grado de especificidad en la ubicación. Para llevar a cabo esta solución será necesario la implantación de un software que recepcione la información y dispositivos hardware que capten la información en las básculas de pesaje, el proceso de preselección y el proceso de compra en cajas.

Los beneficios que reportaría la puesta en marcha de este proyecto serían:



- Mejora en la gestión y toma de decisiones del jefe de logística al disponer de información exacta en tiempo real. De este modo se podría solventar la “brecha” existente entre información registrada y real además de evitar las consecuencias de posibles errores en la mecanización de datos.
- Dado que esta solución se presenta como una fuente de datos paralela y totalmente independiente de los medios utilizados actualmente, la comparación de ambos soportes reflejaría los desajustes de inventario sin necesidad de realizar un inventario físico global, salvaguardando los costes que esto supone.
- En el caso de que CETARSA desee implementar un WMS en el futuro, esta solución es un buen punto de partida dado que todos los elementos serían compatibles y escalables hacia un mayor grado de complejidad.
- El software necesario para esta implantación puede incluir ciertos KPIs que permitan a CETARSA optimizar algunos parámetros que hasta la fecha no han sido cuantificables.

4.2. Procesos afectados por la implantación

4.2.1. Proceso de preselección

En este proceso tendrá especial importancia dar de baja del sistema las cajas de producto crudo que han entrado en producción. Para ello, será necesaria la instalación de un arco/tótem RFID que detecte las cajas que vayan a ser introducidas en el proceso de preselección. A continuación, se muestran las modificaciones que sufrirá el proceso (Figura 4-1) en caso de implantación:

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

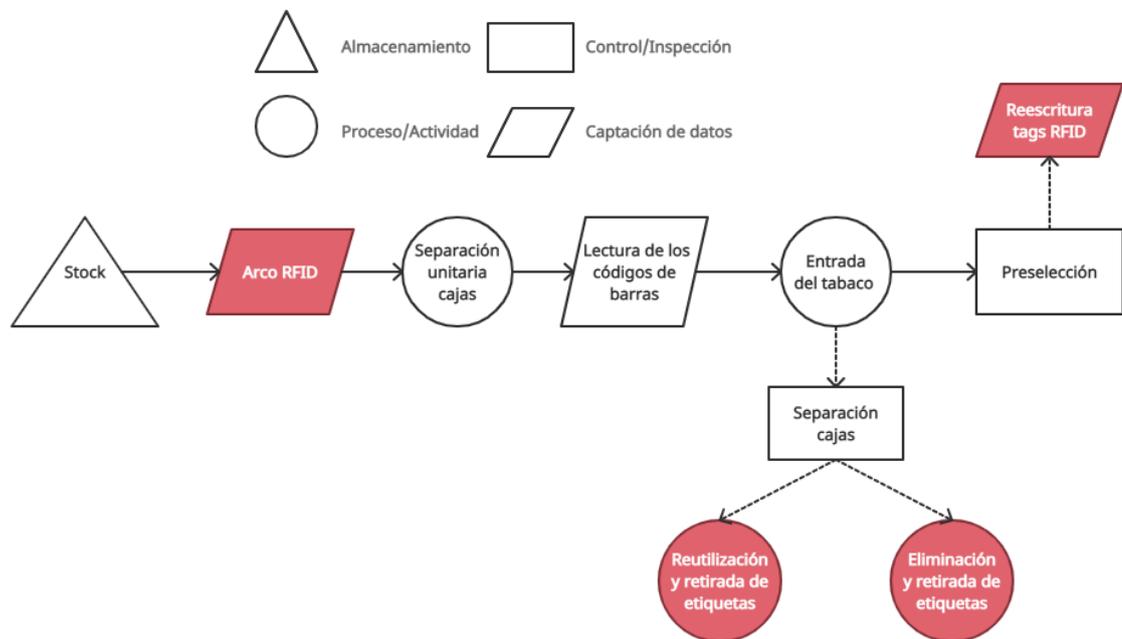


Figura 4-1. Alteración en el proceso de preselección

Relativo a los operarios, el producto crudo rechazado en este proceso, pero no eliminado necesitará una nueva caja con un tag en el que sobrescribir su nueva asignación. Para ello, será necesario que los trabajadores que retiran las etiquetas de las cajas vacías preserven los tags RFID para que posteriormente el responsable de esta área reescriba estos tags con un dispositivo RFID portátil.

Como este proceso se lleva a cabo tanto en la fábrica de Talayuela como la de Navalmodal, las necesidades hardware (detalladas más adelante) se tendrán en cuenta por duplicado para el estudio económico.

A modo de resumen, las modificaciones que sufriría el proceso serían las siguientes:

1. Será necesario implantar un arco/tótem RFID para dar de baja las cajas que hayan entrado en producción una vez han sido depositadas en la cinta por la carretilla.
2. Los operarios que retiran las etiquetas de las cajas vacías deberán mantener los tags RFID para su posible posterior reutilización. De este modo se evita la



necesidad de una impresora y pc en la zona de preselección y permite operar con tan solo un dispositivo portátil de mano.

3. El responsable del área de preselección será el encargado de reescribir los tags RFID con su nuevo valor, reutilizando un tag RFID e imprimiendo una nueva etiqueta al modo de la operativa actual.

4.2.2. Proceso de compra

Este proceso será el punto de partida del sistema RFID dado que se dará valor a los tags RFID, se añadirán los tags a las cajas de producto crudo y se realizará un primer registro en el sistema. Las modificaciones en este proceso (Figura 4-2) serían las siguientes:

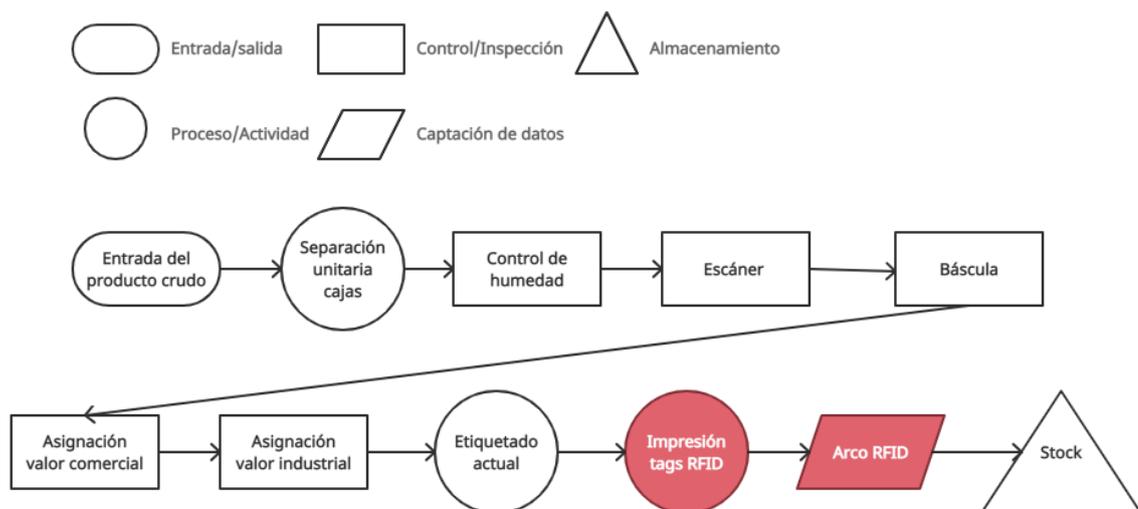


Figura 4-2. Alteración en el proceso de compra.

La principal dificultad en la implantación de RFID en este proceso viene de la necesidad de compaginar la impresión actual con la impresión de tags RFID. Existen distintas soluciones posibles:

1. Mantener la impresión actual del etiquetado, con dos etiquetas de 100x150mm una a cada lado de la caja y adherir a mayores una tercera etiqueta con el tag RFID.

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

2. Operar con un tag de diseño sencillo (sin etiqueta impresa) que vaya incorporado bajo las etiquetas actuales.
3. Realizar una impresión paralela de las dos etiquetas que se disponen en las cajas. Una de ellas una etiqueta simple igual que la actual y la otra etiqueta dispuesta al otro lado de la caja deberá albergar el tag RFID y los mismos caracteres.

Dado que los tags RFID pueden almacenar una mayor cantidad de datos que los códigos de barras o QR en ellos se podrá almacenar toda la información deseada de cara a la operativa o de gestión de la trazabilidad de las cajas. Algunos parámetros de especial interés para la gestión logística serán: grado industrial, fecha de compra (de cara a seguir criterios FIFO para producción), cupo de compra, nombre del agricultor y el pesaje de la caja.

Estos tags una vez impresos han de ser registrados en el sistema, para ello, será necesaria la implantación de una barrera RFID en la cinta posterior a la impresión y adhesión de todas las etiquetas para su posterior ubicación en los almacenes.

Este proceso de compra de tabaco en cajas tan solo se realiza en el centro de Talayuela por lo que únicamente se añadirán a mayores a las necesidades de hardware ciertas unidades de repuesto.

4.2.3. Movimientos interfábricas

Los movimientos interfábricas (Figura 4-3) se presentan como un punto de unión de los saldos de los distintos centros ya que será en estos movimientos cuando se desplacen las existencias en el sistema de un centro a otro. Para ello, será requerido un arco RFID en las básculas de pesaje de cada centro (Jaraíz, Jarandilla, Naval Moral y Talayuela) ya que las rutas de los transportes coinciden en este punto.

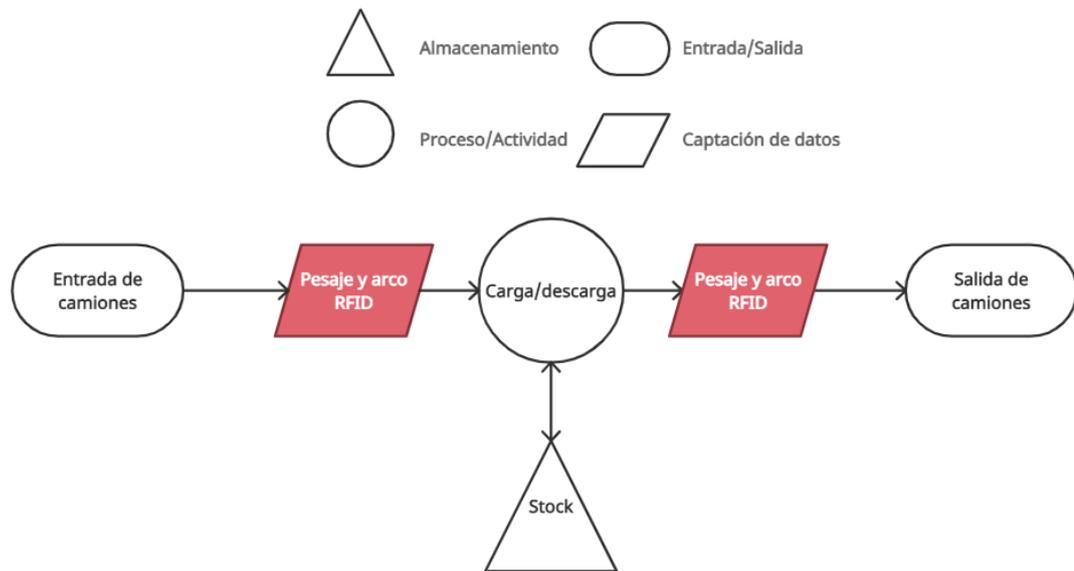


Figura 4-3. Alteración en los movimientos interfábrica.

En este caso, la alteración de la operativa no necesitaría la intervención de ningún operario, automatizándose por completo la captación de los datos de estos transportes interfábrica. A mayores, dado que generalmente estos transportes contienen 102 cajas se facilitaría el control del funcionamiento del sistema RFID al detectar posibles errores en la cuantificación de los transportes interfábrica.

La implantación de los arcos RFID se realizará en las 4 básculas de pesaje de la empresa y los camiones han de pasar bajo ellos al entrar y salir de cada centro, de este modo se establece un punto de partida y destino para los materiales transportados.

4.3. Requerimientos hardware y software RFID

4.3.1. Hardware

Una vez analizados los flujos físicos y de información del producto crudo y tras realizar una revisión bibliográfica de sistemas RFID, estimo que las necesidades hardware para la captación de la información deseada es la siguiente:

- **TAGS RFID**

Irán ligados a cada caja de producto crudo con la finalidad de controlar su trazabilidad y stock. Algunos aspectos relevantes sobre los tags RFID son los siguientes:

- Deberán ser tags pasivos dado el elevado volumen de tags necesarios para el control de todas las cajas (>150000 Uds.).
- Sus dimensiones y a raíz de ello su coste irá ligado a las necesidades técnicas oportunas para la compañía. Es un aspecto difícilmente cuantificable sin un análisis técnico previo de su comportamiento con la materia prima y entorno de la empresa, no obstante, en este estudio se estimará su coste unitario en torno a 0.06-0.10€/tag por recomendación de distintos proveedores de tecnología RFID.
- En caso de incorporar al etiquetado actual, las dimensiones de la etiqueta en la que va albergada el tag RFID deberán coincidir con las dimensiones de las actuales si se compagina con el etiquetado actual (100x150mm).
- La localización de la etiqueta en la caja será igual a la actual, ya que es uno de los puntos donde menos desgaste y roturas sufre la caja durante su manipulación.



-
- Los datos impresos en las etiquetas tendrán que mantener la estructura actual debido a que los carretilleros necesitan poder conocer el contenido de la caja para llevar a cabo su operativa.

- **IMPRESORA RFID**

Estas impresoras serán ubicadas en el proceso de compra de tabaco en cajas en la fábrica de Talayuela y su finalidad será dar valor a los tags RFID e imprimir la etiqueta que lo contiene. Algunas consideraciones a tener en cuenta:

- Los tags impresos dado su capacidad de almacenamiento podrán albergar datos sobre: cultivador, cupo de compra, fecha de compra, grado industrial, peso de cada caja, etc.
- La velocidad de impresión debe ser alta ya que el ritmo de compra alcanza las 1500 cajas/día.
- La determinación de un modelo de impresora u otra ira ligado a los tags seleccionados considerando que tags sean compatibles.

- **ARCOS RFID**

Estos arcos asumen las funciones de los lectores RFID convencionales, para que su lectura se lleve a cabo los tags RFID y cajas de producto crudo han de atravesar estos arcos bajo su estructura para poder ser registrados por el sistema a implantar.

La elección de estos arcos y no lectores convencionales se debe a que las necesidades de lectura, especificidad de ubicación y limitaciones de presupuesto los presentan como una opción más acertada. Además, pese a que para su lectura los tags necesiten atravesar obligatoriamente estos arcos, las ubicaciones recomendadas hacen que esto no sea un problema ya que coinciden con el flujo físico habitual del producto crudo sin ser necesaria una alteración en los movimientos de los materiales.

Existirán dos tipos de arcos RFID en esta implantación:

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

- Arco/tótem en cintas de rodillos. Ubicados en los procesos de preselección y en el proceso de compra, su principal función es dar de alta/baja los tags RFID en el sistema al ser adquiridos por la empresa o ser introducidos en el proceso productivo. Sus requerimientos de cantidad y velocidad de lectura no han de ser altos teniendo en cuenta el bajo ritmo al que transcurren las cajas en estos procesos.
- Arco en báscula. Ubicados en cada báscula de pesaje de los distintos centros, su función es registrar las cajas que son transportadas de un centro a otro. Los requerimientos técnicos de estos arcos han de ser altos ya que se deberán registrar simultáneamente de forma general 102 cajas por cada transporte. El uso de estos arcos limitará los transportes interfábrica al uso de “camiones de lona” para que sea posible la lectura de los tags, no obstante, dada la operativa de carga/descarga de la empresa este aspecto no sería un inconveniente.

• DISPOSITIVO PORTÁTIL RFID

La función de estos dispositivos en la implantación sería la de reescribir los tags RFID ya existentes en los puntos que fuera necesario. Este es el caso de los procesos de preselección de Naval Moral y Talayuela, donde en ocasiones se extrae el producto crudo del proceso por no albergar las características necesarias para la producción y es necesaria la asignación de una nueva etiqueta acorde a su nuevo grado industrial.

A mayores, el disponer de este tipo de dispositivos en la fábrica permite agilizar los inventarios físicos de almacenes ya que el propio dispositivo recibiría todos los tags cercanos de forma instantánea, evitando que el conteo de las cajas almacenadas se haga de forma manual.



4.3.2. Software

La búsqueda de un software se presenta como el punto más crítico para llevar a cabo esta implantación. El hecho de que la empresa no disponga de sistemas ERP, MRP o WMS dificulta este proyecto ya que, de forma general, una empresa dispone previamente de sistemas ERP, MRP o WMS a los que se integran los sistemas RFID mediante un middleware. En el caso de CETARSA, una vez analizadas distintas soluciones software del mercado existen distintas opciones:

- Un middleware adaptado que capte los datos del hardware RFID y permite operar con los mismos, permitiendo en el futuro escalar hacia un mayor grado de complejidad con la contratación de un WMS.
- Implantar un WMS de prestaciones reducidas o bien un WMS que en un primer momento limite sus prestaciones con la posibilidad de incrementar sus servicios en el futuro.

La implantación de uno de estos software reportaría los siguientes beneficios:

- Mayor facilidad de implantación y menores costes de adquisición dado que es un software menos complejo que los sistemas ERP, MRP o WMS.
- En el caso de un middleware, su capacidad de escalabilidad hacia un mayor grado de complejidad dado que usualmente estos software funcionan a modo de “puente” entre la tecnología RFID y los software de gestión empresarial.
- Programación de ciertos KPI’s que permitan dar pie a una primera cuantificación del sistema logístico de CETARSA como stocks, consumos o movimientos de material.

El hecho de que para este proyecto se descarte la implantación total de un WMS se debe a que debido al grado de especificidad de ubicación deseado y las capacidades de inversión, un software completo de estas características resulta excesivo.

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

Relativo a la estructura del sistema informático de CETARSA en la actualidad, la implantación de un software tendrá en consideración los siguientes aspectos:

- Actualmente CETARSA opera bajo un modelo cliente-servidor, no obstante, para esta implantación sería interesante considerar el cloud-computing como nueva forma de trabajo por los siguientes motivos:
 - o A nivel general, la mayor parte de las empresas trabajan en la actualidad bajo este modelo.
 - o Se acelerarían los tiempos de implantación del software.
 - o Facilitaría la escalabilidad del software y la solución al no ir alojado en los servidores de la compañía.
- El software a implantar deberá ser OSS (Open Source) o código abierto, con la finalidad de que el personal informático de la compañía pueda optimizar su funcionamiento.

El fundamento de la implantación de este software viene dado de la búsqueda de una fuente de información alternativa a la actual, por ello, el software a implantar no debe integrarse con el software Virginia para poder alcanzar las siguientes metas:

- Ambos soportes se retroalimentarán. En primer lugar, los datos del Virginia cerciorarán el correcto funcionamiento del sistema RFID y una vez este haya sido perfeccionado podrá ser utilizado como software de gestión.
- La comparativa de ambos soportes (que de este modo resultarían paralelos y totalmente independientes) permitirá conocer los desajustes de inventario con mayor precisión, sin necesidad de realizar un inventario físico global y el cierre de la fábrica.
- En caso de fallo en el funcionamiento del sistema RFID, el hecho de que sea un software independiente hará que no detenga la operativa, ya que se podría seguir operando con los medios actuales (esto puede reducir los tiempos de implantación).



4.4. Presupuesto inicial

Más allá de las mejoras relativas a la gestión, el presente estudio tiene una clara finalidad e impacto económico a corto plazo: **salvaguardar la necesidad de cesar la actividad de la fábrica durante dos días para realizar un inventario físico de cara a la auditoría.**

Los costes asociados al cierre de la fábrica para este inventario físico están estimados en alrededor de 80000€ y, dado que la solución propuesta indicaría los desajustes de inventario (al ser una fuente de datos automatizada, paralela e independiente a la actual) no sería necesario clausurar la fábrica para la elaboración de un inventario físico.

Para llevar a cabo este proyecto las necesidades de inversión (Tabla 3) serían las siguientes:

Requerimientos	Descripción	Coste unitario	Unidades	TOTAL
SGA Arcante	<i>WMS limitado</i>	700,00 €	5	3.500,00 €
Servicios implantación	<i>15 jornadas</i>	8.000,00 €	-	8.000,00 €
Arco RFID báscula	<i>Estructura aluminio según medidas muelle Reader FX9600 8 Puertos Panel PC Vision Cables, sensores, etc.</i>	4.800,00 €	4	19.200,00 €
Kit MC33	<i>Terminal Portátil ZEBRA MC33 (RFID)</i>	2.052,00 €	4	8.208,00 €
Tótem producción/compra	<i>Soporte tipo Tótem Antenas, Readers RFID</i>	3.900,00 €	3	11.700,00 €
Tag RFID UHF		0,069 €	155000	10.695,00 €
Impresora RFID	<i>Impresora ZEBRA ZT420</i>	3.183,00 €	1	3.183,00 €
TOTAL				64.486,00 €

Tabla 3. Presupuesto inicial de implantación

Una vez detallados los requerimientos para su puesta en marcha, para el análisis económico se tendrá en cuenta la proyección de la propuesta a un plazo de 5 años (Tabla 4):

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INVERSIÓN	- 64.486,00 €	- 10.347,50 €	- 10.347,50 €	- 10.347,50 €	- 10.347,50 €
Costes de implantación	- 53.791,00 €				
Costes consumibles	- 10.695,00 €	- 5.347,50 €	- 5.347,50 €	- 5.347,50 €	- 5.347,50 €
Costes mantenimiento		- 5.000,00 €	- 5.000,00 €	- 5.000,00 €	- 5.000,00 €
Ingresos (ahorro)	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €
Rentabilidad	15.514,00 €	69.652,50 €	69.652,50 €	69.652,50 €	69.652,50 €
Rentabilidad acumulada	15.514,00 €	85.166,50 €	154.819,00 €	224.471,50 €	294.124,00 €
ROI (Return on investment)	0,24	1,32	2,40	3,48	4,56
Payback	≈ 10 meses				

Tabla 4. Análisis de la inversión

Una vez implantadas los requerimientos hardware/software será necesaria la compra de tags RFID cada campaña para sustituir los tags dañados (se estima un 50% de ellos) de forma anual para controlar la trazabilidad de las cajas almacenadas (alrededor de 150000 cajas) y se estima un gasto cercano a los 5000€ para mantenimiento y control del sistema RFID.

La solución propuesta pese a que en un primer momento incurre en pérdidas, al transcurrir un periodo de 5 años CETARSA evitaría el gasto de 4.56€ por cada € invertido en el momento inicial. En cuanto al payback o plazo de recuperación, los costes iniciales del proyecto al transcurrir 10 meses tras poner en marcha la solución.

Además de estos beneficios económicos a medio plazo, existen otros aspectos influenciados por la implantación de este sistema difíciles de cuantificar. En primer lugar, el tabaco está sujeto a impuestos especiales lo que obliga a CETARSA a auditar sus existencias anualmente para comprobar posibles desajustes. El hecho de que el tabaco este sujeto a esta particularidad fiscal hace que por cada kg de tabaco extraviado CETARSA pueda sufrir una sanción de 160€, es decir, cada caja de tabaco (130kg/Uds.) no controlada supone 20800€ de sanción y dado que CETARSA gestiona cerca de 150000 cajas de forma anual, la pérdida de tan solo el 0.1% generaría sanciones de en torno a 3 millones de €.



Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA



Capítulo 5. Estudio económico

5.1. Introducción

Este estudio trata de dar una propuesta de mejora a CETARSA a través de la implantación de un sistema RFID. Este sistema tiene por objetivo el conocer las existencias por tiempo real por centro y a raíz de ello mejorar la gestión logística y evitar el cierre de la fábrica en diciembre para realizar un inventario físico global y sus costes asociados.

En el apartado 4.4. se detalla el coste estimado para la implantación en materia de adquisición de equipos y software, no obstante, será en este apartado en el que se especifique las fases y el coste de las horas y materiales necesarios para la realización del presente estudio.

En el desarrollo de la propuesta, se ha puesto especial atención en el análisis de los flujos físicos del producto crudo y con ello dar control a los movimientos de estos materiales sin la necesidad de una gran inversión inicial, dando prioridad a las entradas/salidas y movimientos entre centros.

5.1.1. Jerarquía del proyecto

Para la elaboración de esta propuesta de mejora será necesario un equipo de trabajo conformado por los siguientes miembros:

- Director de operaciones.
- Jefe de logística.
- Programador.
- Técnico del proyecto.

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

Director de operaciones. Encargado de supervisar y dirigir el estudio ya que de su actuación depende su posible futura puesta en marcha, alineando el desarrollo del proyecto con los objetivos de la empresa y su situación financiera.

Jefe de logística. Conocedor principal de la gestión logística de la empresa y por lo tanto también de sus fortalezas y debilidades. Sus conocimientos acerca de los flujos físicos y de información del producto crudo son cruciales para el correcto desarrollo del proyecto.

Programador. La función principal del programador es facilitar el pliego de condiciones para la búsqueda de un software acorde a los objetivos del estudio y la arquitectura del sistema informático de la empresa que, a su vez, cumpla todas con las funciones necesarias para realizar la actividad habitual de la empresa.

Técnico de proyecto. Encargado de la búsqueda de información, análisis de la situación actual de la empresa y de la comunicación interdepartamental para la elaboración y redacción, aplicando los conocimientos obtenidos en el Grado en Comercio y en el Máster en Logística.

5.2. Fases de desarrollo

Para la elaboración de este estudio se han sucedido las siguientes etapas:

- **Fase I: Investigación y conocimiento del sistema logístico.** Con anterioridad a la realización de una propuesta de mejora, es primero necesario el conocer en detalle el funcionamiento del sistema logístico de CETARSA y la opinión de los trabajadores a cerca de posibles mejoras. En esta fase se trata de definir algunos de los problemas del sistema logístico actual.
- **Fase II: Investigación y análisis de información.** Una vez se han definido los debilidades del sistema logístico de CETARSA, se procede a la búsqueda de información de cara a encontrar posibles soluciones.



- **Fase III: Adaptación de la solución.** Tras concluir en el marco teórico cual sería la mejor solución para CETARSA, se pretende colaborar con las distintas áreas de la empresa implicadas para que lo especificado en este estudio vaya acorde con las capacidades de inversión de la empresa, las características del personal, la operativa del área logística, el sistema informático y las infraestructuras de la empresa.
- **Fase IV: Estudio de proveedores.** Similar a la fase anterior, pero con un enfoque externo, se expondrá la problemática a distintas empresas para poder obtener información real de distintas soluciones del mercado a la situación de CETARSA. Con ello, se trata de conseguir que el presente estudio no difiera en gran medida a una posible puesta en marcha real ya que incorpora soluciones reales del mercado adaptadas a las características y funcionamiento de CETARSA.
- **Fase V: Desarrollo y redacción de la propuesta de mejora.** Una vez finalizada cada una de las etapas anteriores se procede a la redacción de su contenido en este estudio, comenzando por el análisis del sistema logístico de CETARSA, seguido de la revisión bibliográfica resultado de la fase II, para concluir con una propuesta de mejora basada en las soluciones ofertadas en el mercado y las posibilidades de CETARSA. La finalidad de esta última fase es la de plasmar una posible solución a las dificultades del sistema logístico de CETARSA basadas en las características de la empresa y soluciones reales del mercado fundamentadas con una revisión bibliográfica.

5.3. Estudio económico

En este apartado se detallará el coste del desarrollo de la propuesta de mejora tratando los siguientes aspectos:

- Horas efectivas anuales y tasas de horarios de personal.
- Cálculo de las amortizaciones para el equipo informático utilizado.

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

- Coste del material consumible.
- Costes indirectos.
- Horas de personal dedicadas a cada fase del proyecto.
- Costes asignados a cada fase del proyecto
- Coste total

5.3.1. Horas efectivas anuales y tasas de horarios de personal.

❖ ***Horas efectivas anuales***

Previamente al cálculo salarial de los distintos implicados en el estudio es necesario conocer el volumen de trabajo anual eliminando los días y semanas no trabajados durante dicho año (Tabla 5 y 6):

Concepto	Días/horas
Año medio	365.25
Sábados y domingos (365*2/7)	-104.36
Días efectivos de vacaciones	-20
Días festivos reconocidos:	-12
Media días perdidas por enfermedad	-15
Cursos de formación, etc.	-7
Total días efectivos estimado	206
Total horas/año efectivas (8hrs/día)	1648

Tabla 5. Días efectivos anuales



Concepto	Días/horas
Año medio (Semanas)	52
Vacaciones y festivos	-5
Enfermedad	-2
Cursos de formación	-2
Total semanas efectivas	43

Tabla 6. Semanas efectivas anuales

❖ **Tasas de horarios de personal**

El coste salarial del personal implicado en al realización de esta propuesta de mejora una vez deducida la parte proporcional de la Seguridad Social es el siguiente (Tabla 7):

Concepto	Director de operaciones	Jefe de logística	Programador	Técnico de proyecto
Sueldo	38183€	25800€	20730€	18829€
SS.SS. (35%)	20560€	13892€	11162€	10138€
Total	58743€	39692€	31892€	28967€
Coste horario	35.65€	24.08€	19.35€	17.58€

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

Coste semanal	1366.11€	923.07€	741.68€	673.65€
----------------------	----------	---------	---------	---------

Tabla 7. Tasas de horarios de personal

5.3.2. Cálculo de las amortizaciones para el equipo informático utilizado.

Para los equipos utilizados se considerará un periodo de amortización lineal de 6 años (Tabla 8) e incluye los equipos hardware y los programas utilizados:

Concepto	Coste	Periodo amortización	Amortización anual
Portátil - HP Pavilion15-ec2000ns,	799€	6	133.17€
Logitech G203	21.99€	6	3.67€
HP LaserJet Pro M15w Impresora Láser Monocromo Wifi	99€	6	16.5€
Microsoft Excel 2016	79€	6	26.34€
Microsoft Word 2016	79	6	26.34€
Total a amortizar anualmente			206.02
	Diaria		1€
	Semanal		4.79€
	Horaria		0.125€

Tabla 8. Amortización de los equipos utilizados



5.4. Coste del material consumible.

En la siguiente tabla se muestra el coste anual medio por persona de material consumible, así como su coste horario por persona (Tabla 9):

Concepto	Coste
Folias A4	70€
Tóner Impresora	250€
Material oficina	50€
Otros	250€
Coste anual total por persona	620€
Coste total horario por persona	0.38€

Tabla 9. Coste material consumible

5.5. Costes indirectos.

Los conceptos que se detallan en la siguiente tabla hacen referencia a los elementos que no dependen del volumen de producción o de la actividad desarrollada conocidos como costes indirectos. Algunos de ellos son agua, electricidad, internet, etc. y se encuentran en la tabla 10 desglosado su coste anual y horario por persona:

Concepto	Coste
Agua	50€
Electricidad	120€

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

Internet	300€
Alquileres	420€
Coste anual por persona	890€
Coste total horario por persona	0.54€

Tabla 10. Costes indirectos

5.6. Horas de personal dedicadas a cada fase del proyecto.

En la tabla 11 se puede ver una estimación de las horas dedicadas en cada una de sus fases por cada miembro implicado al desarrollo de la propuesta de mejora:

Cargo	Etapas				
	I	II	III	IV	V
Director de operaciones	10	0	10	20	0
Jefe de logística	40	15	10	15	0
Programador	0	0	10	15	0
Técnico de proyecto	40	35	30	20	70
Total	90	50	60	70	70

Tabla 11. Horas dedicadas a cada fase



5.7. Costes asignados a cada fase del proyecto

❖ Fase I: Investigación y conocimiento del sistema logístico

En la tabla 12 se encuentra el coste de la primera fase del proyecto. Se presenta como la fase más costosa del estudio dado que han sido necesarias numerosas horas de formación para poder llegar a conocer el sistema logístico y sus debilidades.

Concepto		Horas	Coste horario	Coste total
Personal	Director de operaciones	10	35.65€	356.5€
	Jefe de logística	40	24.08€	963.2€
	Programador		19.35€	
	Técnico de proyecto	40	17.58€	703.2€
Amortización	Materiales	90	0.125€	11.25€
Material consumible	Varios	90	0.38€	34.5€
Costes Indirectos	Varios	90	0.54€	48.6€
COSTE TOTAL				2116.95€

Tabla 12. Costes fase I

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

❖ Fase II: Investigación y análisis de información

En la tabla 13 se muestra el coste de la segunda fase de desarrollo. Su coste no es elevado ya que el proceso de investigación fue llevado a cabo principalmente por el técnico de proyecto.

Concepto		Horas	Coste horario	Coste total
Personal	Director de operaciones		35.65€	
	Jefe de logística	15	24.08€	361.2€
	Programador		19.35€	
	Técnico de proyecto	35	17.58€	615.3€
Amortización	Materiales	50	0.125€	6.25€
Material consumible	Varios	50	0.38€	19€
Costes Indirectos	Varios	50	0.54€	27€
COSTE TOTAL				1028.75€

Tabla 13. Costes fase II

❖ Fase III: Adaptación de la solución

En la tabla 14 se detalla el coste de la adaptación de la solución a CETARSA. La principal carga de trabajo es efectuada por el técnico de proyecto, encargado de gestionar la comunicación entre los distintos departamentos.



Concepto		Horas	Coste horario	Coste total
Personal	Director de operaciones	10	35.65€	356.5€
	Jefe de logística	10	24.08€	240.8€
	Programador	10	19.35€	193.5€
	Técnico de proyecto	30	17.58€	175.8€
Amortización	Materiales	60	0.125€	7.5€
Material consumible	Varios	60	0.38€	22.8€
Costes Indirectos	Varios	60	0.54€	32.4€
COSTE TOTAL				1038.3€

Tabla 14. Costes fase III

❖ **Fase IV: Estudio de proveedores**

La Tabla 15 muestra el coste del estudio de proveedores en el que todos los componentes del estudio han tenido un mayor grado de implicación debido a las numerosas comunicaciones, reuniones y vistas de empresas externas.

Concepto		Horas	Coste horario	Coste total
Personal	Director de operaciones	20	35.65€	713€
	Jefe de logística	15	24.08€	361.2€
	Programador	15	19.35€	290.25€
	Técnico de proyecto	20	17.58€	351.8€

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

Amortización	Materiales	70	0.125€	8.75€
Material consumible	Varios	70	0.38€	26.6€
Costes Indirectos	Varios	70	0.54€	37.8€
COSTE TOTAL				1789.4€

Tabla 15. Costes fase IV

❖ **Fase V: Desarrollo y redacción de la propuesta de mejora**

La tabla 16 refleja el coste estimado de la redacción del estudio que recae en su totalidad en el técnico de proyecto con la finalidad de incluir en el todos los datos relevantes para llevar a cabo la propuesta de mejora.

Concepto		Horas	Coste horario	Coste total
Personal	Director de operaciones		35.65€	
	Jefe de logística		24.08€	
	Programador		19.35€	
	Técnico de proyecto	70	17.58€	1230.6€
Amortización	Materiales	70	0.125€	8.75€
Material consumible	Varios	70	0.38€	26.6€
Costes Indirectos	Varios	70	0.54€	37.8€
COSTE TOTAL				1303.75€

Tabla 16. Costes fase V



5.8. Coste Total

El coste total de la elaboración del estudio queda recogido en la tabla 15. El coste de cada una de las fases es bastante uniforme a excepción de la primera fase, en la que las horas de formación dirigidas al técnico del proyecto encarecen el presupuesto total. La fase IV también excede la media en coste respecto al resto de fases, dado que, en este punto, fue necesaria la colaboración de todos los miembros implicados para adaptar las necesidades y características de la empresa a las soluciones del mercado en comunicaciones con empresas proveedoras de equipos RFID y software.

Concepto	Horas	Coste
Fase I	90	2196.95€
Fase II	50	1028.75€
Fase III	60	1038.3€
Fase IV	70	1789.4€
Fase V	70	1303.75€
TOTAL	340	7357.15€

Tabla 17. Costes de elaboración del estudio

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA



Capítulo 6. Conclusiones y futuros desarrollos

❖ *Conclusiones*

La propuesta realizada a lo largo del estudio trata de dar solución a las principales problemas del área logística de CETARSA. Los pasos recomendados para la puesta en marcha de un sistema RFID tratan de adaptarse tanto a las capacidades de inversión de la compañía, como a las características de sus infraestructuras y aptitudes de los trabajadores.

En términos generales, la implementación de un software de gestión para el control logístico trae consigo el aumento de la productividad y la reducción de costes al optimizar el control de los inventarios. No obstante, en el caso de la implementación de un software de gestión con uso lectura de códigos de barra o QR como sistema de codificación, se puede llegar ver reducida la cantidad de movimientos que un operario puede realizar, ya que no tendrá que realizar solo el transporte de la carga sino también la lectura del material transportado. En el caso de CETARSA, el hecho de no disponer de un software de gestión destinado a la logística anteriormente y la introducción de RFID como sistema de codificación (que semi-automatiza la captación de datos) puede llegar a suponer un profundo impacto positivo tanto en los costes asociados al almacén, como en una mejora de la gestión logística (y su consecuente influencia en el resto de áreas de la empresa) sin necesidad de una gran implicación por parte de los operarios.

Relacionado con lo anterior, la edad media de los trabajadores (alrededor de 60 años), su escasa experiencia con soportes informáticos y las características del flujo físico de la compañía hacen especialmente interesante la implantación de tecnología RFID por delante de otros métodos de captación de información. Además, el reducido

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

grado de especificidad en la ubicación buscado dadas las necesidades actuales, hace que la inversión inicial para la introducción de esta tecnología no sea elevada.

El estudio no parte de una justificación económica basada en posibles mejoras futuras, sino que uno de sus objetivos es dar solución a una problemática actual: el cierre de la fábrica para la realización de un inventario global en el mes diciembre de cara a la auditoría de impuestos especiales. La introducción de este sistema RFID evitaría la necesidad de clausurar la fábrica y sus elevados costes asociados, lo que resulta en un payback de la inversión inicial menor a 10 meses, más allá de todas las posibles mejoras y el impacto económico positivo de optimizar la gestión logística de la empresa y de salvaguardar sanciones relativas a los impuestos especiales a los que está sujeto el tabaco.

Para concluir, todo lo detallado en la propuesta de mejora lleva a la consecución del objetivo inicial: conocer las existencias en tiempo real por centro y mejorar la gestión logística gracias a disponer de medios de gestión más fiables a los actuales, lo que elimina la necesidad de cerrar la fábrica para realizar un inventario físico global. La propuesta del uso de RFID y un middleware o WMS limitado viene dada por el estudio de las infraestructuras de la empresa, su flujo físico y de información de materiales, las características del personal, la operativa de distintas áreas de la empresa, sus capacidades de inversión y la colaboración con distintos proveedores de tecnología RFID del mercado, todo ello con la visión de que en un futuro se podrá incrementar el control del sistema logístico de CETARSA gracias a la ampliación de esta solución.

❖ Futuros desarrollos

La realidad actual en CETARSA es que la gestión y operativa se llevan a cabo en numerosas ocasiones en condiciones de incertidumbre, dados los escasos soportes de los que se dispone en la actualidad. Por ello, el futuro de la empresa parte de la integración de nuevos métodos de gestión que permitan agilizar la gestión y medir numerosos aspectos que hasta la fecha no han sido cuantificables.



Por este motivo, la integración de software de gestión empresarial como ERP, MRP, WMS, etc. debería ser el principal foco de inversión en los próximos años, ya que los soportes informáticos actuales no permiten una recogida información óptima de numerosos departamentos de la empresa que podrían ser optimizados al conocer sus fortalezas y debilidades.

El estudio parte del conocimiento de la necesidad de nuevos soportes de gestión, es por ello por lo que todos los elementos propuestos para una posible implantación son adaptables hacia futuras implementaciones. Concretamente en el área logística, el objetivo de la introducción de tecnología RFID y de un middleware o WMS limitado es que sea escalable hacia un mayor número de prestaciones, materiales controlados (no solo materia prima) y especificidad en la ubicación de los activos, esto se conseguiría o bien con la adopción de un middleware que haga de puente hacia otro software más complejo o bien un WMS limitado en un principio que permita ampliar sus funcionalidades de forma progresiva.

Dado que en la propuesta de mejora trata de obtener un saldo por centro con un software no excesivamente desarrollado los siguientes pasos hacia la búsqueda de un WMS completo sería la adquisición de más equipos RFID (lectores, antenas, etc.) para controlar progresivamente un mayor número de espacios y el desarrollo software con las ubicaciones precisas y la inclusión de otras funcionalidades que este tipo de software ofrece.

Bibliografía

- BOE (2021). Real decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Recuperado en junio de 2021: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2015-1762>
- CETARSA (2021). CETARSA, Nosotros. Recuperado en abril de 2021: <https://www.cetarsa.es/nosotros/presentacion/>
- CETARSA (2021). I+D+i. Recuperado en abril de 2021: <http://www.cetarsa.es/actividad/i-d-i/>
- CETARSA (2021). Operaciones industriales. Recuperado en abril de 2021: <http://www.cetarsa.es/actividad/operaciones-industriales/>
- CETARSA (2021). Producción agrícola. Recuperado en abril de 2021: <http://www.cetarsa.es/actividad/produccion-agricola/departamentos-de-produccion-agricola/>
- DIPOLE (2021). Soluciones RFID. Recuperado en mayo de 2021: <https://www.dipolerfid.es/Soluciones-RFID>
- DIPOLE (2021). Tipos de sistemas RFID. Recuperado en mayo de 2021: <https://www.dipolerfid.es/blog/Tipos-Sistemas-RFID>
- Dressen, D. (2004). Considerations for RFID technology selection. *Atmel Applications Journal*, 3, 45-47.
- Felog de Caleruega (2015). El libro rojo de la logística. Barcelona (España). Edita: Aecoc
- García de Paredes, J. (2008). El cultivo del tabaco Virginia en España. Navalmoral de la Mata (España). Edita: CETARSA



Bibliografía

- Garde Paniagua, P. (2016). Estudio de implantación de sistema de trazabilidad de RFID en el proceso productivo de Tasubinsa. Universidad Pública de Navarra. Recuperado en mayo de 2021: <https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/21919/Estudio>
- Gidekel, A. (2010). Introducción a la tecnología RFID. Buenos Aires (Argentina).
- Gobierno de España (2021). Impuesto especial sobre labores del tabaco. Recuperado en junio de 2021: https://administracion.gob.es/pag_Home/gl/Tu-espacio-europeo/derechos-obligaciones/empresas/impuestos/especiales/tabaco.html
- Guizar Sepúlveda, E. A. (2018). Implementación de RFID en un almacén logístico. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona. Recuperado en abril de 2021: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/114261/memoria-tfm-implementacio-n-rfid.pdf>
- Imasde Extremadura (2021). Trazabilidad integral IMASDE. Recuperado en junio de 2021: <http://www.imasdextremadura.com/trazabilidad.asp>
- Logiscenter (2021). RFID. Recuperado en abril de 2021: <https://www.logiscenter.com/rfid>
- Mateo Prieto, M. (2021). Gestión de stocks. Universidad de Valladolid.
- Mecalux (2021). Calculo del ROI en un almacén. Recuperado en junio de 2021: <https://www.mecalux.es/manual-almacen/almacen/calculo-roi>
- Ramírez Cerpa, E. D., & Meléndez Pertuz, F. A. (2014). Sistemas RFID aplicados al control de grandes inventarios. Recuperado en mayo de 2021: <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/1941/Sistemas%20RFID%20aplicados%20al%20control%20de%20grandes%20inventarios.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Propuesta de mejora: Sistema RFID para la trazabilidad de la materia prima en CETARSA

- RFIDPOINT (2021). ¿Cuáles son las normas que regulan la transmisión de ondas de radio?. Recuperado en mayo de 2021: <http://www.rfidpoint.com/preguntas-frecuentes/cuales-son-las-normas-que-regulan-la-transmision-de-ondas-de-radio/>
- Ruiz, R. D. J. U. (2011). Tutorial sobre circuitos RFID. Recuperado en abril de 2021. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/urbina_r_rd/
- Stephen, M., Sanjay, S., & Williams, J. (2008). RFID Technology and Applications. Cambridge, UK: Cambridge University Press.:<http://indexof.co.uk/Tutorials/Cambridge.Press.RFID.Technology.and.Applications.Jun.2008.pdf>