



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE
CONTROL POR RADIOFRECUENCIA PARA
LA OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL
INVENTARIO DEL ALMACÉN DE ENVASES
EN UNA PLANTA INDUSTRIAL DE
FABRICACIÓN DE PINTURAS**

AUTOR: DAVID RAMÍREZ MARTÍ

TUTOR: RAÚL CORTÉS FIBLA

Curso Académico: 2015-16

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar me gustaría agradecer la confianza que me han dado en Pinturas Montó por ponerme al frente de un proyecto de estas características, y a todo el equipo involucrado en el almacén por trabajar duro para sacar el sistema adelante.

También quiero dar las gracias a mi tutor en la UPV, Raúl Cortés, por su inestimable ayuda en la redacción de este trabajo y por sus consejos a la hora de abordar el proyecto.

Y por último, pero no por ello menos importante, quiero agradecer a mis padres la paciencia que han tenido conmigo durante este largo verano.

A todos vosotros, gracias.

RESUMEN

Tradicionalmente, la gestión del inventario ha supuesto un problema a nivel operativo para la mayoría de pymes que no han invertido en sistemas de información. No obstante, Pinturas Montó no ha llevado a cabo grandes inversiones para optimizar la gestión del inventario del almacén de envases pese a su elevado crecimiento en los últimos años, y existen importantes desajustes entre las existencias reales y las registradas en el sistema de gestión de almacenes de la compañía. Para mejorar la fiabilidad del inventario, el Departamento de Logística plantea integrar el inventario de envases y tapas en un sistema de control por radiofrecuencia similar al que ya se utiliza en el almacén de producto acabado.

El sistema diseñado consiste en reflejar en el registro de existencias las entradas, las salidas y los movimientos internos en el almacén mediante un *software* desarrollado por el Departamento de Informática. Para ello se marca como objetivo la creación de dos nuevos almacenes en el sistema: uno provisional y otro definitivo con ubicaciones identificadas mediante etiquetas con código de barras para el *stock* de envases y tapas. Para traspasar las existencias del almacén provisional al definitivo es necesario inventariar todas las ubicaciones del almacén, y se debe hacer sin detener el ritmo de producción.

Los resultados obtenidos, aunque la implantación no haya finalizado, presentan un aumento de la productividad debido a que los operarios realizan sus tareas más rápidamente y con mejores herramientas. Por otra parte, se demuestra la baja fiabilidad del registro del inventario en tanto que afloran los errores del modelo de gestión anterior durante el proceso de inventariado, y su posterior regularización permite asegurar que la baja fiabilidad del inventario de envases y tapas no supondrá un problema en el proceso de toma de decisiones en lo referente a la gestión del almacén.

Palabras clave: dirección de operaciones, logística, gestión del inventario, control por radiofrecuencia, organización industrial, industria de pinturas

RESUM

Tradicionalment, la gestió de l'inventari ha suposat un problema a nivell operatiu per a la majoria de pimes que no han invertit en sistemes d'informació. No obstant, Pinturas Montó no ha dut a terme grans inversions per optimitzar la gestió de l'inventari del magatzem d'envasos malgrat el seu elevat creixement els darrers anys, i existixen importants desajustos entre les existències reals i les registrades al sistema de gestió de magatzems de la companyia. Per a millorar la fiabilitat de l'inventari, el Departament de Logística planteja integrar l'inventari del magatzem d'envasos i tapes en un sistema de control per radiofreqüència semblant al que ja s'utilitza en el magatzem de producte acabat.

El sistema dissenyat consistix en reflectir al registre d'existències les entrades, les eixides i els moviments interns en el magatzem mitjançant un *software* desenrotllat pel Departament d'Informàtica. Per això es marca com a objectiu la creació de dos nous magatzems al sistema: un de provisional i un altre de definitiu amb ubicacions identificades mitjançant etiquetes amb codi de barres per a l'*stock* d'envasos i tapes. Per a traspasar les existències del magatzem provisional al definitiu és necessari inventariar totes les ubicacions del magatzem, i això s'ha de fer sense detindre el ritme de producció.

Els resultats obtinguts, encara que la implantació no haja finalitzat, presenten un augment de la productivitat degut al fet que els operaris realitzen les seues tasques més ràpidament i amb millors ferramentes. D'altra banda, s'hi demostra la baixa fiabilitat del registre de l'inventari perquè ixen a la llum els errors del model de gestió anterior durant el procés d'inventariat, i la seua posterior regularització permet assegurar que la baixa fiabilitat de l'inventari d'envasos i tapes no suposarà un problema en el procés de presa de decisions en allò referent a la gestió del magatzem.

Paraules clau: direcció d'operacions, logística, gestió de l'inventari, control per radiofreqüència, consultoria, organització industrial, indústria de pintures

ABSTRACT

Traditionally, the inventory management has been a problem for those SMEs that haven't invested in TI resources. However, Pinturas Montó hasn't done great investments in order to optimize the inventory management of the containers warehouse even though its stocks have increased in the last few years, and there exist important gaps between real stocks and those registered in the company's warehouse management system. In order to improve the inventory reliability, the Logistics Department proposes to integrate the containers and covers warehouse inventory in a radiofrequency-controlled system similar to the one which is used at the finished products warehouse.

The designed system consists in reflecting the inputs, the outputs and the internal movements in the warehouse in the stocks register through software developed by the TI Department. To do so, the creation of two new warehouses in the system is established as an aim: a provisional one and a definitive one with locations identified through barcode labels for the containers and covers stocks. In order to transfer the stocks from the provisional warehouse to the definitive one, it is necessary to inventory every location in the warehouse, and it must be done without stopping the production rate.

The obtained results, even though the implementation hasn't finished yet, display a productivity increase as the operators work more quickly and with better tools. Moreover, the low reliability of the inventory register is demonstrated during the inventorying process as the errors of the previous management model are shown up, and its posterior regularization can ensure that the low reliability will no longer be a problem in the decision-making process about the warehouse management.

Keywords: operations management, logistics, inventory management, radiofrequency control, industrial management, paint industry

ÍNDICE

Memoria

1. Introducción.....	1
2. Descripción del problema	
2.1. La gestión del inventario en las pymes	3
2.2. Introducción a la empresa: Pinturas Montó	
2.2.1. La compañía y su modelo de negocio	5
2.2.2. Descripción del sector y situación en el mercado.....	7
2.2.3. Las instalaciones	
2.2.3.1. Vista general	9
2.2.3.2. Descripción de los almacenes.....	10
2.3. Antecedentes	
2.3.1. Sistema de gestión de almacenes de Pinturas Montó	14
2.3.2. Situación física.....	18
2.3.3. Análisis del <i>stock</i> de envases y tapas	20
2.4. Motivación del proyecto.....	26
3. Metodología	
3.1. Definición de la solución	
3.1.1. Objetivo de funcionamiento del sistema	29
3.1.2. Propuesta de modelos	
3.1.2.1. Alternativa 1.....	32
3.1.2.2. Alternativa 2.....	34
3.1.2.3. Comparativa de ambos modelos y toma de decisión.....	35
3.2. Planificación del proyecto	
3.2.1. Estimación del tiempo dedicado a cada tarea	37
3.2.2. Propuestas adicionales en paralelo al desarrollo.....	39
3.2.3. Diagrama de Gantt	42
3.3. Desarrollo informático	43
4. Resultados	
4.1. Arranque del proyecto y primeras incidencias	53
4.2. Integración del sistema en la operativa diaria.....	55
4.3. Seguimiento del proceso de inventariado	
4.3.1. Análisis de los primeros 15 días de implantación	58
4.3.2. Previsión para el cierre de proyecto	61
5. Conclusiones	
5.1. Consecuencias de la implantación del sistema.....	65
5.2. Problemas planteados para ser abordados en el futuro	68

Presupuesto

1. Justificación de los recursos presupuestados.....	1
2. Presentación del presupuesto	5

Anejo 1. Instalación de cableado y red inalámbrica

Lista de referencias

ABREVIATURAS

EAN 13: *European Article Number* de 13 dígitos

ERP: *Enterprise Resource Planning*

MRP: *Materials Requirements Planning*

OF: Orden de Fabricación

RFID: *Radiofrequency Identification*

SGA: Sistema de Gestión de Almacenes / **WMS:** *Warehouse Management System*

WIP: *Work-in-process*

Diseño y desarrollo de un sistema de control por radiofrecuencia para la optimización de la gestión del inventario del almacén de envases en una planta industrial de fabricación de pinturas

Diseño y desarrollo de un sistema de control por radiofrecuencia para la optimización de la gestión del inventario del almacén de envases en una planta industrial de fabricación de pinturas

MEMORIA

Diseño y desarrollo de un sistema de control por radiofrecuencia para la optimización de la gestión del inventario del almacén de envases en una planta industrial de fabricación de pinturas

1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de pequeñas y medianas empresas sufren problemas con la gestión del inventario, principalmente relacionados con la falta de inversiones en sistemas de información fiables que registren de forma efectiva las entradas, las salidas y la ubicación de la mercancía en los almacenes. Dichos problemas se agravan en mayor o menor medida en función de la variedad de referencias y del tamaño de los almacenes.

El actual crecimiento en ventas de Pinturas Montó, por encima del de su sector, ha comportado el aumento del *stock* de todos sus almacenes. En este trabajo se aborda la informatización del almacén de envases, cuya gestión se había llevado a cabo de forma un tanto austera para un almacén de gran tamaño y variedad de referencias.

En el sector de las pinturas, así como en otros de la industria química, la gestión de los envases y las tapas se consideran ítems de fabricación ajena en tanto que a la empresa le conviene adquirir a proveedores en lugar de fabricarlos en la propia compañía. La gran variedad de productos que ofrece Pinturas Montó, en conjunción con la decisión de comprar los envases serigrafiados específicamente para cada producto y no genéricos, reduciendo así su intercambiabilidad, tiene como consecuencia un gran número de referencias distintas en el almacén de envases, alrededor de unas 800.

Pese a ello, aunque el almacén ha ido creciendo, hasta este momento no se había planteado una inversión para optimizar la gestión del inventario. Al contrario de lo que ocurre en el almacén de producto acabado, donde se dispone de un almacén caótico automatizado mediante control por radiofrecuencia, la gestión del almacén dependía exclusivamente de los operarios.

La ausencia de sistemas de información fiables para la gestión del inventario del almacén de envases ha provocado grandes desajustes en el registro de existencias, por lo que da pie a una gestión excesivamente conservadora de los niveles de existencias. Teniendo en cuenta que el espacio disponible permite almacenar hasta alrededor de 7.000 palés de envases y tapas y que en la actualidad hay problemas de espacio, se puede afirmar que la gestión del espacio ocupado no es demasiado eficiente.

El sistema de control por radiofrecuencia diseñado en este trabajo tiene como principal objetivo mejorar la fiabilidad del registro del inventario del almacén de envases. Para ello, se establece un procedimiento para integrar los movimientos físicos de entradas, salidas y movimientos internos del almacén en el sistema de gestión de almacenes de Pinturas Montó mediante la identificación con códigos de barras de la mercancía y de las ubicaciones dispuestas por todo el almacén. Estos trasposos se llevan a cabo mediante un *software* desarrollado por el Departamento de Informática de la compañía, que estará instalado en unos terminales que la compañía adquiere para tal fin. Esto también requiere la instalación de red inalámbrica en las naves que componen el almacén de envases, por lo que la inversión a realizar por la empresa es elevada.

Por otra parte, el sistema se diseña no solo para aportar fiabilidad al inventario, sino también para hacer más eficaz el trabajo de los operarios del almacén. El hecho de disponer de terminales con un mapa de ubicaciones con el inventario continuamente actualizado permite una mejora sustancial en los tiempos de servicio de envases a la fábrica, sobre todo comparado con la operativa llevada hasta ese momento como se verá más adelante.

La mayor restricción que se plantea es la de llevar a cabo la implantación del sistema sin detener el ritmo habitual de producción. Esto supone que el proceso de inventariado para registrar las existencias de todas las ubicaciones debe ser progresivo, y que deben convivir dos sistemas diferentes durante el tiempo que dure la implantación del proyecto.

Este Trabajo Final de Grado presenta la estructura clásica de un proyecto de ingeniería. En el segundo capítulo se describe la naturaleza del problema de la gestión del inventario, primero desde un punto de vista general en las pymes y posteriormente desde la posición de la empresa. En este capítulo se describen los antecedentes en el almacén de envases de Pinturas Montó, desde una descripción del funcionamiento del sistema de gestión de almacenes de la compañía hasta un análisis del *stock* de envases y tapas previo a la implantación del proyecto. Por último, se exponen las razones que motivan al Departamento de Logística a realizar la inversión en este proyecto.

En el capítulo referente a la metodología se define el modelo de gestión de los movimientos del almacén tomado como solución de proyecto. Para llegar a él, se presentan dos alternativas para el proceso de implantación, y se exponen los motivos para decidir cuál se llevó a cabo finalmente. A continuación se detalla la planificación del proceso, argumentando el tiempo requerido para cada una de las tareas, y se plasma en un diagrama de Gantt. El desarrollo del *software* ocupa un papel central en el proyecto, por lo que el diseño del mismo es un apartado muy relevante y en consecuencia se explica con detalle en este capítulo.

La exposición de los resultados se ha clasificado en tres apartados: el primero trata sobre el arranque del sistema, las incidencias que surgieron durante los primeros días de implantación y cómo se fueron resolviendo. El segundo, sobre la integración del sistema, tanto del *software* como el uso de los terminales, en la dinámica de trabajo habitual de los operarios. Por último, se analizan datos sobre el proceso de inventariado del almacén, primero durante los primeros 15 días y luego durante las semanas siguientes para prever una fecha estimada para el cierre de proyecto. El inventariado del almacén de envases constituye la tarea más larga y costosa, por lo que en gran medida determina el devenir de la implantación del proyecto.

En el capítulo de conclusiones se hace un resumen de las consecuencias que ha supuesto para la gestión del inventario del almacén de envases la implantación del sistema de control por radiofrecuencia diseñado en este trabajo, tanto sus ventajas como sus desventajas. Al final del presente documento se proponen una serie de futuros proyectos relacionados con el almacén de envases y tapas con el objetivo de mejorar su gestión del inventario.

Por último, en el documento del presupuesto se detallan los recursos adquiridos por la empresa para la realización de este proyecto, además de la presentación del presupuesto en su conjunto según el procedimiento habitual de los proyectos de ingeniería. Como no se puede detallar el presupuesto de la instalación de red inalámbrica, se adjunta un anejo con los detalles y los componentes de la instalación en las naves que conforman el almacén de envases.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

2.1. La gestión del inventario en las pymes

A día de hoy la mayoría de pequeñas pymes tienen problemas de gestión del inventario a mayor o menor escala. Pese a los avances tecnológicos, muchas de ellas prefieren invertir en otras áreas o simplemente no disponen de recursos para permitirse un sistema de control informatizado de sus almacenes. No invertir en la gestión del inventario puede ser beneficioso para una empresa a corto e incluso a medio plazo si dispone de almacenes de tamaño reducido o con pocas referencias, pero si la actividad de la empresa conlleva una mayor acumulación de *stocks* y/o hay previsiones de crecimiento, se debe plantear una inversión en un sistema de gestión de almacenes.

Tradicionalmente (González Gómez, 2002), la forma más habitual de controlar las existencias en los almacenes era físicamente de manera **periódica**, generalmente a finales de año o en periodos de baja actividad. Es un sistema costoso porque es necesario detener la actividad de producción para contar de manera correcta los recursos disponibles y también porque, dependiendo del tamaño y características de los almacenes y los productos que se almacenan, la tarea de inventariado se puede alargar durante varios días.

La evolución de las tecnologías de la información ha permitido el desarrollo de programas de gestión empresarial, en los que se puede integrar el registro del inventario. Estos sistemas pueden ser más o menos sofisticados, pero su objetivo es el de tener un control **permanente** de las *stocks* de la compañía.

Las ventajas de tener un control permanente del inventario son evidentes, entre las cuales se puede destacar la de facilitar el recuento físico a la hora de verificar el inventario registrado. Además de agilizar posibles recuentos, el inventario permanente permite la aplicación de técnicas de análisis de datos para cada referencia. Es decir, la empresa posee información en tiempo real de los valores de existencias, rotaciones, coberturas, etc. Esta información conlleva una mejora sustancial en la toma de decisiones (Andriani, Biasca y Rodríguez Martínez, 2003), como por ejemplo la clasificación de los productos con menor rotación para valorar su retirada del mercado.

Para tener un control informatizado del inventario no solo es necesario tener un correcto registro de las existencias, sino también disponer de un control fiable de las entradas, las salidas y los movimientos internos en los almacenes. Para llevar a cabo estas operaciones en el sistema hay diferentes métodos, desde opciones manuales en el equipo de gestión hasta sistemas de control por radiofrecuencia (Plou, 2005). Estos sistemas se caracterizan por el uso de terminales con conexión inalámbrica y por la identificación de las referencias y las ubicaciones mediante códigos de barras. De este modo, el sistema de gestión de almacenes puede vincular un número de unidades de una determinada referencia a una ubicación, por lo que se simplifica la tarea de localizar productos también en el día a día.

La vinculación de un número de unidades de una determinada referencia a una ubicación es especialmente útil para la gestión de almacenes caóticos. En contraste con los almacenes ordenados, más sencillos, en los que cada referencia está asociada unívocamente a un contenedor determinado, los almacenes caóticos no tienen ubicaciones preasignadas (AIDIMA – Dpto. Logística y Procesos, 2009). La mercancía paletizada se ubica en función de restricciones (espacio libre, tamaño, altura, etc.), según las instrucciones del sistema de gestión de almacenes sin esperar a que lleguen unidades de la misma referencia.

Referencia \longleftrightarrow Ubicación

Figura 1. Almacén ordenado

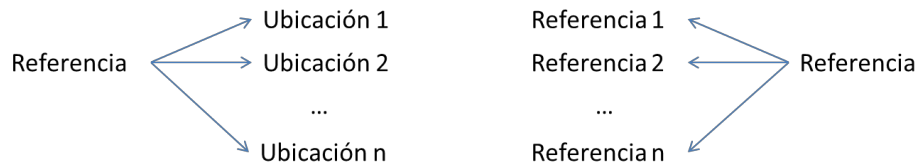


Figura 2. Almacén caótico

Ventajas de la organización de un almacén caótico:

- Optimización del espacio.
- Aceleración del proceso de almacenaje (no hay necesidad de buscar huecos libres).

Desventajas:

- Requiere una inversión en sistemas de información.

El control de las ubicaciones que se lleva a cabo en un almacén caótico es un modelo muy eficiente para almacenes de gran tamaño. Para almacenes más reducidos o con un menor número de referencias que se puedan gestionar manualmente con más facilidad no es imprescindible un control informatizado de las ubicaciones para tener un inventario permanente y se puede llevar un registro fiable del *stock* si se tiene un control adecuado de las entradas y las salidas.

De todas formas, el inventario permanente no garantiza por sí mismo una fiabilidad superior al 95%, valor que se podría considerar como aceptable en estos casos. Por esta razón, la gran mayoría de PYMEs combinan el método de inventario **permanente con control periódico**. Básicamente consiste en tener un registro del inventario en un SGA y a su vez hacer un inventario parcial o general de los almacenes a fábrica parada en los periodos de menor actividad. De este modo se verifica que el registro de existencias es correcto, y en caso de que no lo sea para ciertas referencias se llevan a cabo las regularizaciones pertinentes en el sistema. Con este método se consigue una mayor seguridad de la valoración de los inventarios en tiempo real, cosa que repercute en una mayor certidumbre para la toma de decisiones en todos los ámbitos de la compañía.

Asimismo, cabe recordar que dentro de una misma empresa puede haber distintos almacenes dependiendo del tipo de productos que almacenan y que cualquiera de ellos puede tener un método de control del inventario distinto al de los demás. Este es el caso que se presenta en este trabajo. Pinturas Montó es una empresa que ha crecido muy rápidamente en los últimos años y, aunque dispone de un almacén caótico controlado por radiofrecuencia para producto acabado, no ha hecho el mismo esfuerzo para el almacén de envases y tapas. Por tanto, la complejidad creciente de la gestión del inventario hace plantearse la necesidad de integrarlo en el sistema de gestión de almacenes de la misma forma.

2.2. Introducción a la empresa: Pinturas Montó

2.2.1. La compañía y su modelo de negocio

Pinturas Montó es una sociedad anónima unipersonal cuya actividad es la fabricación de pinturas, esmaltes y otros revestimientos; así como masillas y otros materiales de construcción. Fue fundada en 1961 por Clemente Martín Montolio, que pronto orientó el negocio hacia el sector de las pinturas para decoración (Pinturas Montó, s. f.). Hoy en día la empresa sigue siendo propiedad de la familia Martín.

La compañía se sitúa en el octavo puesto del sector de fabricación de pinturas según el Ranking de Empresas de elEconomista.es elaborado por Informa D&B (2014). Tuvo una facturación de 60 millones de euros en 2015 y cuenta en la actualidad con 193 empleados. En el siguiente gráfico se puede observar cómo en los últimos dos años la empresa ha dado un salto notable en número de empleados. Como se verá más adelante, es la consecuencia de un gran crecimiento en facturación durante los años 2014 y 2015.

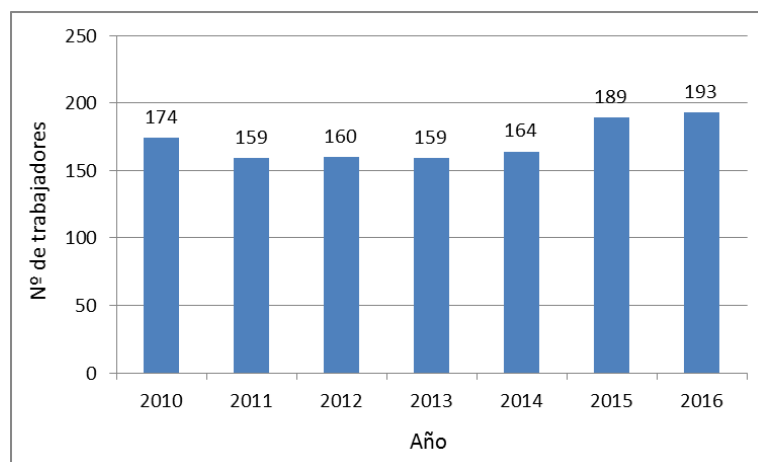


Figura 3. Evolución de empleados de Pinturas Montó, S.A.U.

La gran mayoría de ellos trabajan en la planta de Marines (Camp de Túria, Valencia), de más de 56.000 m² y finalizada el 1996. Anteriormente Montó tenía sus instalaciones en Alboraiá (Horta Nord, Valencia). En el apartado de instalaciones se explicará con más detalle las características de la fábrica.

Los productos que se fabrican en Montó se comercializan con las siguientes marcas:

- Montó Pinturas: línea generalista.
- Ind: pinturas para la industria.
- Rehabit Montó: rehabilitación de superficies.
- Restora Profesional: restauración de materiales.
- Expresa by Montó: colores.
- Crea by Montó: protección de madera, metal y otras superficies.
- Otras marcas para grandes superficies.

A continuación se mencionan las principales líneas estratégicas a nivel comercial en la compañía y su peso sobre el total:

- Red de distribución tradicional. La red comercial tradicional en territorio nacional, es decir, la venta a pequeños comercios y profesionales del sector de la construcción, constituye la mayor fuente de ingresos de la empresa. Representa un 32,5% de las ventas totales.
- Red de distribución moderna. La venta a grandes superficies está creciendo muy rápidamente en los últimos años y mantener ese crecimiento es un objetivo de primer orden para Montó. Constituye un 13,4% de la facturación total.
- Pinturas para la industria. Aunque de momento representa un 1,6% de los ingresos totales, las ventas crecen a un ritmo muy rápido y la empresa espera consolidarse en este sector.
- Tiendas Montó. Cuenta con una red de 91 tiendas y franquicias en España y Portugal, y constituye uno de los principales activos de la empresa con un 27,3% de la facturación total.
- Montó Iberoamérica. Se ha convertido en uno de los pilares fundamentales de los ingresos de Montó (21,5% del total). Se inició hace unos años un ambicioso proyecto de expansión en el centro y el sur de América, y a día de hoy Montó cuenta con 58 puntos de venta en diferentes países: los principales clientes son Ecuador y Cuba, aunque también se exporta a Colombia, República Dominicana, Panamá o México.
- Resto de exportaciones. También existe un departamento para las exportaciones al resto del mundo (principalmente Portugal, África y Oriente Medio), pero el volumen de negocio es mucho menor: representan un 3,7% de la facturación total.

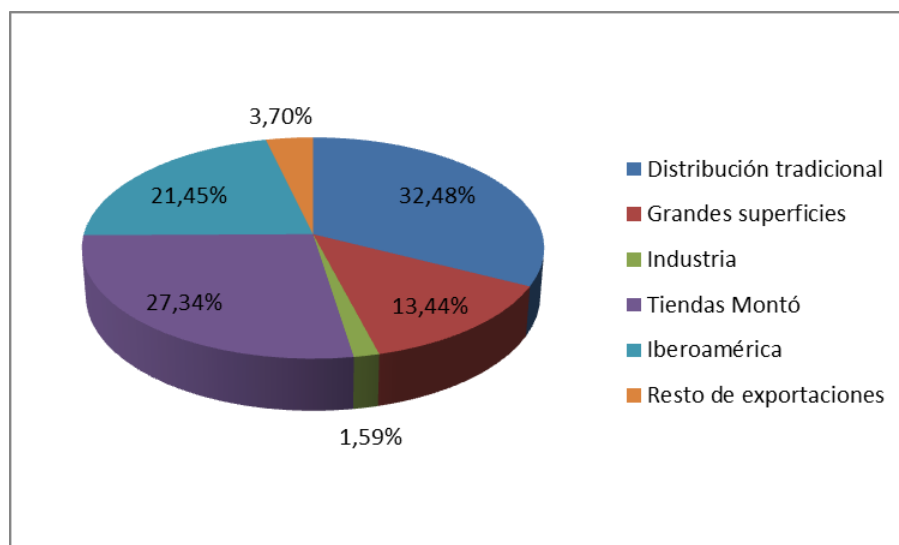


Figura 4. Distribución de las ventas de Pinturas Montó

2.2.2. Descripción del sector y situación en el mercado

El mercado de las pinturas para decoración, cuyas ventas representan la mayor fuente de ingresos de Pinturas Montó, presenta las características de un mercado atomizado. Existe un gran número de empresas que operan en este sector (oferentes) y una gran variedad de clientes (demandantes).

Pese a ello, dentro de la gama de productos de Montó hay artículos cuyo mercado se podría considerar de competencia perfecta y otros que no. Por ejemplo, en ciertos revestimientos, barnices, masillas y otros materiales de construcción, los consumidores no encuentran diferencias de gran calibre entre los productos de la competencia (producto homogéneo). Por tanto, la empresa acepta el precio de mercado. En consecuencia, los beneficios son muy reducidos y tienden a 0 a largo plazo, por lo que se podría hablar de un mercado similar al de competencia perfecta (de Miguel Molina y Baixauli Baixauli, 2010).

En cambio, en los productos para decoración como pinturas acrílicas, lacas y otros productos al disolvente, las diferentes empresas se pueden permitir marcar el precio del producto porque aportan algún factor diferencial respecto a la competencia, ya sea por ofrecer un producto de mayor calidad o, en el caso de Montó, a través de un trato personalizado al cliente en la red de Tiendas Montó. En este caso podría tratarse de competencia monopolística.

En todo caso, el sector de las pinturas para decoración no cumple todas las características de un mercado competitivo: la economía de escala constituye una barrera de entrada para nuevas empresas, ya que los costes de producción de prácticamente toda la gama de productos de Montó disminuyen notablemente en empresas con mayor volumen de fabricación.

Este mercado ha sufrido un gran descenso en facturación en los últimos 10 años debido a la paralización del sector de la construcción en España. Pese a ello, Montó ha podido mantenerse e incluso crecer a un ritmo muy superior a la media del sector en los últimos 3 años. Se puede observar en el siguiente gráfico, que muestra la evolución anual de los incrementos en las ventas de Montó en los últimos 10 años y se compara con la de la media del sector de las pinturas para decoración:



Figura 5. Evolución del incremento de ventas en los últimos 10 años (Montó vs. mercado)

En el siguiente gráfico se ve aún con más claridad el incremento acumulado de los últimos 10 años, en los que Montó crece un 42% mientras que el promedio del sector cae un 53%.

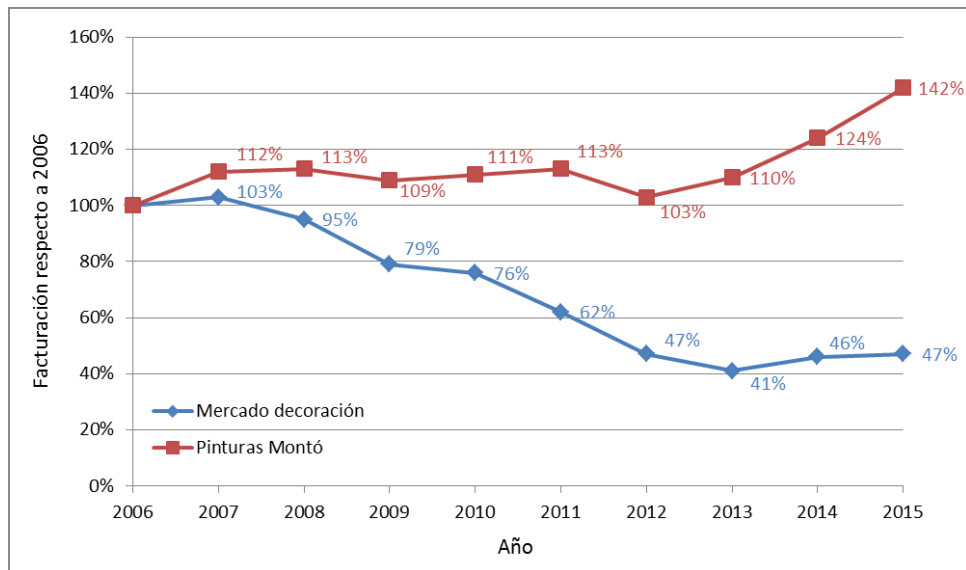


Figura 6. Evolución de la facturación en los últimos 10 años (Montó vs. mercado)

Si se pone énfasis en los últimos 3 años se observa un gran crecimiento en la facturación. Los buenos resultados se pueden atribuir al éxito de la red de Tiendas Montó y a un excepcional aumento de las exportaciones en Iberoamérica (58,84% en 2015). Se recuerda que tanto Tiendas Montó como las exportaciones son a día de hoy, junto a la red de distribución tradicional en España, las principales fuentes de ingresos de Montó.

Año	Facturación (€)	Incremento
2013	44.597.647	6,60%
2014	50.974.510	14,30%
2015	60.095.630	17,90%

Tabla 1. Facturación de Pinturas Montó en los últimos 4 años

Por otra parte, aunque los buenos resultados se puedan atribuir al factor diferencial de Tiendas Montó o al gran crecimiento de las exportaciones, cabe destacar que todos los departamentos del área comercial aumentaron sus ventas en 2015. Tanto la distribución tradicional (+6,96%) como la venta a grandes superficies (+23,41%) o a clientes de la industria (+23,99%) crecen a un ritmo superior al de la media del sector, por lo que se puede concluir que Montó hace un buen trabajo de generación de valor como marca y de fidelización de clientes.

2.2.3. Las instalaciones

2.2.3.1. Vista general

La planta de Marines, inaugurada en 1996, tiene unas dimensiones de 56.500 m² y una capacidad de producción de 36.000 toneladas al año. En ella hay tres fábricas: la de productos al agua, la de productos al disolvente y la de productos en polvo y tintes. En cada una de ellas se elaboran artículos de naturaleza distinta. Las fábricas de productos al agua y al disolvente, las más grandes por extensión y por volumen de producción, disponen de una zona anexa de fabricación de productos de color personalizado (Mix Global). Gracias a un sistema tintométrico propio, Montó puede servir al cliente el color que necesite en un producto concreto, ya sea acrílico o sintético.

Hay varias naves destinadas al almacenaje, tanto de producto acabado como de envases y tapas, ya que las materias primas se almacenan en las naves de producción. En el apartado siguiente se describirán las relativas a la elaboración de este proyecto.

En lo relativo al Departamento de Logística destaca la reciente incorporación de un turno nocturno para la preparación de pedidos y la flota de 7 camiones para transporte propio.

El departamento de I+D dispone de un edificio propio, en cuyo laboratorio se desarrollan una media de 70 productos al año. Además, en dicho edificio se realizan proyectos destinados al análisis de mercado, sistemas de gestión y otras áreas relacionadas con la organización de la empresa y la creación de valor.

El espacio se distribuye de la siguiente manera:

- Producción: 11.000 m²
 - Productos al agua: 5.200 m²
 - Productos al disolvente: 4.700 m²
 - Productos en polvo y tintes: 1.100 m²
- Almacén de envases y tapas: 2.500 m², 7.300 ubicaciones
- Almacén de producto acabado: 5.500 m², 10.000 ubicaciones
- I+D: 1.575 m²
- Oficinas: 1.200 m²



Figura 7. Vista cenital de las instalaciones de Pinturas Montó en Marines

2.2.3.2. Características de los almacenes

A continuación se describen dos de las zonas del almacén de producto acabado y todas las del almacén de envases y tapas. Es necesario describirlas en este punto para comprender las operaciones con el sistema de gestión de almacenes que se detallan en los siguientes apartados.

Producto acabado

En este almacén hay hasta 7 zonas distintas registradas en el sistema de gestión de almacenes, pero en este apartado solo se describen las dos principales. Ambas se encuentran en el interior de la nave del almacén de producto acabado.

La unidad de carga en el almacén de producto acabado es la de un palé de ancho europeo (dimensiones: 0,8 x 1,2 x 1,35 m).

Zonas:

- **Dinámica (DI):** una fila de estanterías de paletización dinámica para la introducción al almacén de mercancía procedente de fabricación. Una estantería dinámica es una estantería con rodillos y un ligero desnivel que permite que los palés que se introducen por un lado puedan salir por el otro, rotando con sistema FIFO (First-In, First-Out, el primero que entra es el primero que sale). Hay 44 columnas y 5 alturas, que equivalen a 220 ubicaciones. Aprovechan muy bien la superficie ya que caben 10 palés de profundidad por ubicación o contenedor, por lo que su capacidad total es de 2200 palés. La mercancía se introduce en los contenedores mediante un robot de almacenamiento automático.
- **Trilateral (TRI):** consta de 11 pasillos (21 filas de estanterías para paletización convencional). En cada fila hay 71 ubicaciones y 6 alturas. La numeración de las columnas sigue la siguiente regla: números impares en la fila de la izquierda y números pares en la de la derecha, por lo que cada pasillo tiene 142 columnas excepto el último. Por tanto, su capacidad total es de:

$$21 \times 71 \times 6 = 8946 \text{ ubicaciones}$$

Observaciones adicionales:

- Esta zona es la que almacena la mayor parte de carga paletizada.
- Todas las ubicaciones tienen un imán en su larguero inmediatamente superior (excepto la altura más alta, que lo tiene abajo) que contiene una etiqueta con la información relativa a la ubicación y un código de barras EAN 13 asociado. El EAN 13 (*European Article Number 13*) es un número de 13 dígitos cuya codificación está normalizada. Se usa el mismo estándar tanto para las ubicaciones como para las referencias de producto acabado, que llevan impreso en los envases el código correspondiente a su referencia.
- Los palés de productos al disolvente están separados del resto de mercancía (tienen reservadas las últimas ubicaciones de cada pasillo) por razones de seguridad y de prevención contra incendios.

Envases y tapas

Dado que el proyecto descrito en este trabajo está destinado al almacén de envases y tapas, una de las primeras tareas fue la de elaborar el mapa de ubicaciones de las diferentes zonas del almacén de envases para que el Departamento de Informática las pudiera dar de alta en el sistema de gestión de almacenes. Cabe destacar que las zonas están dispersas por la fábrica y que cada una de ellas corresponde a una nave distinta.

La unidad de carga no es fija, algunos proveedores sirven la mercancía en palé de ancho europeo estándar y otros en palé de ancho americano (1 x 1,2 x 1,35 m).

En primer lugar se describen las zonas de *stock* de envases y tapas:

- **Nave compartida con producto acabado.** Esta nave es la que más ubicaciones de envases alberga, aunque se comparte con el almacén de producto acabado. Contiene envases tanto de productos al agua como de productos al disolvente. En cuanto a la organización de las estanterías, tiene 5 pasillos, 142 columnas (números impares a la izquierda y pares a la derecha) y 9 alturas (A-I). En el suelo se encuentran 66 referencias diferentes, dispuestas en columnas de palés apilados. Total de ubicaciones:

$$4 \text{ pasillos} \times 142 \text{ columnas} \times 9 \text{ alturas (pasillos 1-4)} + 71 \times 9 \text{ (pasillo 5)} + 66 \text{ (suelo)} = 5817 \text{ ubicaciones}$$

De estas, se usan solo para envases y tapas:

- Calle 1: alturas F-H (3 alturas): $142 \times 3 = 426$ ubicaciones
- Calles 2 y 3: alturas G-I (3 alturas): $2 \times 426 = 852$ ubicaciones
- Calle 4: completa (9 alturas): $142 \times 9 = 1278$ ubicaciones
- Calle 5: columnas pares (71 columnas): $71 \times 9 = 639$ ubicaciones
- Suelo: 66 columnas de palés apilados: 66 ubicaciones

En total suman 3261 ubicaciones. Por tanto, se usa un 56% de las ubicaciones totales de esta nave en envases y tapas. El resto de las ubicaciones se reservan para producto acabado. En este trabajo, así como a la hora del desarrollo informático, esta zona se llamará "NET".



Figura 8. Estanterías en la zona NET

- **Dinámica en el almacén de producto acabado.** Como ya se ha comentado en el anterior apartado, en el almacén de producto acabado hay una zona de estanterías para paletización dinámica. El robot que almacena automáticamente los palés salidos de fábrica no llega a la altura superior, por lo que esta altura queda libre para ser ocupada por palés de envases. Hay 44 ubicaciones disponibles en esta zona, por lo que su capacidad total es de 440 palés. Se almacenan en esta zona principalmente envases de productos al agua en palé de ancho europeo debido a su proximidad a la fábrica de productos al agua y a que en estas ubicaciones no caben palés más anchos. Análogamente a la zona descrita más arriba, en este trabajo se llamará “**DET**”.
- **Fábrica de productos al disolvente.** Al lado de la fábrica de productos al disolvente hay estanterías de 6 alturas cuya función era la de almacenar palés de materias primas, pero debido a que sobraba espacio se habilitaron las alturas superiores para almacenar envases. En este caso, cada pasillo en el sistema no es un pasillo físicamente, sino que representa una fila de estanterías. A continuación se detalla la distribución de las ubicaciones:
 - Pasillo 1. Columnas 1-27, altura F: 27 ubicaciones
 - Pasillo 2. Columnas 1-24, alturas E-F: $24 \times 2 = 48$ ubicaciones
 - Pasillo 3. Columnas 1-27, alturas E-F: 27 ubicaciones
 - Pasillos 4, 5, 6 y 7. Columnas 1-33, alturas E-F: $4 \times 33 \times 2 = 264$ ubicaciones
 - Pasillo 8. Columnas 1-39, alturas E-F: $39 \times 2 = 78$ ubicaciones

En total suman 471 ubicaciones. Se llamará a esta zona “**FDI**”.

- **Nave de envases de productos al agua.** Esta nave se encuentra justo enfrente de la fábrica de productos al agua, por lo que está ocupada mayoritariamente por envases que se consumen en esa fábrica. Tiene 13 pasillos entendidos de la misma manera que en la zona anterior. Tiene el mapa de ubicaciones más complejo ya que hay muchas pequeñas variaciones de un pasillo a otro. Se detalla en la siguiente tabla:

Pasillo(s)	Columnas	Alturas
1, 4, 5	1 a 15	A-E
2, 3, 6	1 a 15	A-D
7	1 a 25	A-D
7	26 a 30	A-C
7	31 a 54	A-E
8, 9, 10, 12	1 a 25	A-D
11	1 a 25	A-C
13	1 a 15	A-D
13	16 a 46	A-C
20 (suelo)	1 a 17	A

Tabla 2. Mapa de ubicaciones de la zona EAG

En total suman 1285 ubicaciones, es la zona que más envases contiene después de la zona NET. En el sistema se llamará “**EAG**”.

- **Envasado de productos al disolvente.** En la nave de fabricación de productos al disolvente, en un espacio anexo a las máquinas envasadoras se almacenan, organizados por pasillos, un gran número de palés apilados de envases metálicos que son empleados en dichas máquinas.

Para los envases hay 4 pasillos y se contaron unas 30 columnas por pasillo, entendiendo por pasillo lo que se comentaba en los dos casos anteriores. En el caso de las estanterías para tapas, se considerarán el pasillo 5, de 36 columnas con 3 alturas cada una. También hay una fila de estanterías para las tapas correspondientes. El total de ubicaciones será:

$$4 \times 30 \text{ (envases)} + 36 \times 3 \text{ (tapas)} = 228 \text{ ubicaciones}$$

Cabe remarcar que no todas las ubicaciones de estanterías se han tenido en cuenta. Como se comentará más adelante, esta nave se dividirá en una zona de almacenaje y otra de consumo. La zona de *stock* se llamará “**EDI**” en este trabajo.

Una vez detalladas las zonas de *stock* de envases, se exponen las zonas de consumo o *work-in-process* (WIP), es decir, aquellas a las cuales los operarios de producción acceden para coger los artículos necesarios para llevar a cabo las tareas de envasado:

- **Zona de consumo de fabricación de productos al agua (CAG).** Dentro de la nave de fabricación de productos al agua hay unas estanterías y un espacio habilitado en suelo para los palés de envases de la producción planificada a 24 horas vista. También se almacenan permanentemente tapas de muy alta rotación que se usan prácticamente todos los días.
- **Zona de consumo de fabricación de productos al disolvente (CDI).** De todas las estanterías que hay en la zona de envasado de productos al disolvente, las que están enfrente de las envasadoras se habilitarán para que sea una zona WIP para los envases y tapas similar a la de la zona CAG. Se explicará la necesidad de ello en el capítulo 3.
- **Zona de consumo de fabricación de productos en polvo y tintes (CPT).** Esta zona es diferente al resto porque en el interior de la nave de producción de productos en polvo y tintes también se encuentran las estanterías con la mayoría de botellas, tapones, cajas, etc. que los operarios de esta zona necesitan para trabajar. Los operarios del almacén de envases no gestionan directamente esta zona, simplemente llevan allí los envases recibidos que corresponden a la producción de esa clase de productos. Los operarios de producción gestionan el almacén y se autoabastecen para envasar porque el volumen de referencias es mucho menor que en la fábrica de productos al agua o de productos al disolvente.
 - **Depuradora.** En el sótano de la nave cuya zona se ha llamado EAG se almacena principalmente maquinaria de la depuradora y material de mantenimiento, pero también hay palés apilados y unas estanterías que contienen envases para la producción de productos en polvo y tintes. Como sirve de apoyo a la zona CPT y está relativamente cerca de ella, a efectos prácticos se considerarán ambas como la misma zona.

2.3. Antecedentes

2.3.1. Sistema de gestión de almacenes de Pinturas Montó

El sistema que el departamento quiere implantar en el almacén de envases debe ser similar al que se usa actualmente en el almacén de producto acabado. Por ello, durante el periodo de formación programado en las prácticas de empresa se empleó una semana con los operarios del almacén de producto acabado con el objetivo de aprender cómo funciona el sistema de control por radiofrecuencia en dicho almacén.

En este apartado se describe el sistema de gestión de almacenes (de ahora en adelante SGA, también conocido en inglés como *Warehouse Management System* o WMS) que funciona en Pinturas Montó en el almacén de producto acabado. En concreto, se resume la situación actual a nivel de SGA para el almacén de envases y se explican tres de las operativas que realizan los operarios del almacén: entrada de palés de producción, preparación de pedidos y entrada de compras; ya que son aquellas que interesan para la elaboración de este proyecto por su similitud con las operaciones que se realizan en el almacén de envases.

El sistema de gestión de almacenes opera sobre el equipo multiusuario iSeries de IBM, más conocido como AS/400. En Montó, AS/400 no solo se usa para la gestión de almacenes, sino que se emplea para otras tareas de los departamentos de logística (aprovisionamiento, pedidos, expediciones), producción (órdenes de fabricación/envasado), compras, mantenimiento, etc... por lo que se trata de un sistema de gestión y de planificación de recursos de la empresa (también llamado en inglés *Enterprise Resource Planning*, ERP) Los ordenadores de la compañía, así como los terminales instalados en las carretillas trilaterales y recogepedidos, van equipados con un emulador del sistema operativo de AS/400 llamado PC5250 que permite el intercambio de información con un servidor conectado a la base de datos del sistema, llamada DB/400.

Además del SGA, se emplea la herramienta Business Intelligence de ORACLE para el análisis de datos relativos al Departamento de Logística: valoraciones de productos, costes de transporte, etc. Esta herramienta utiliza la información de un servidor SQL vinculado a la base de datos DB/400 para realizar informes de una manera más eficaz que la interfaz clásica de AS/400.

El SGA de Pinturas Montó gestiona la información de las ubicaciones de la siguiente manera:

AAA ZZZ PP XXX Y CC

AAA: almacén. Alfanumérico (3 dígitos).

ZZZ: zona. Alfanumérico (3 dígitos).

PP: pasillo. Numérico (2 dígitos).

XXX: ubicación X (columna). Numérico (3 dígitos).

Y: ubicación Y (altura). Uso de letras: A para la altura más baja, B para la segunda, etc. Alfanumérico (1 dígito).

CC: compartimento. No aplicable para control por radiofrecuencia, se fija su valor en "1". Numérico (2 dígitos).

En el SGA, cada almacén está asociado a un número. Estos son los almacenes gestionados por parte de los departamentos de logística y de producción:

30 : Catálogos	31 : Publicidad	43 : Vestuario interno
44 : Material de oficina	45 : Vestuario externo	48 : Materiales de mantenimiento
68 : Producto comercializado	69 : Producto acabado	70 : Materia prima y envases
71 : Producto en curso	99 : Producto de recuperación	

Tabla 3. Relación de almacenes en el SGA de Pinturas Montó

Como se puede observar, el almacén donde se almacenan los envases en el SGA es el 70 y se comparte con materia prima. Asimismo, el almacén 70 se divide en tres zonas: EN (envases y tapas), ET (etiquetas) y MP (materias primas). Por tanto, todos los envases y tapas se encuentran en la base de datos en la zona EN del almacén 70.

Ninguna zona del almacén 70 tiene ubicaciones reales, es decir, cada referencia está asociada a una ubicación ficticia y todas las unidades de esa referencia se encuentran en esa ubicación, que es aleatoria y no representa ningún contenedor real. Por ejemplo: todas las existencias de la referencia B02327 EN. METAL S/B DISOLV. UNIVERSAL 1L. COLEP están vinculadas a la ubicación 70 EN 1 4 C 12 y hay 2460 unidades, pero esa ubicación no existe físicamente y además en una ubicación real solo cabrían 968 unidades. Tanto si se recibe mercancía de esta referencia como si se consume por producción, las operaciones de suma y de resta respectivamente se hacen desde esa ubicación.

Los movimientos internos para el almacén 70 no existen en el SGA dado que no hay un mapa de ubicaciones registrado, y la operativa de gestión del inventario de envases a nivel de AS/400 es tan simple como la que mostrada en el siguiente esquema:

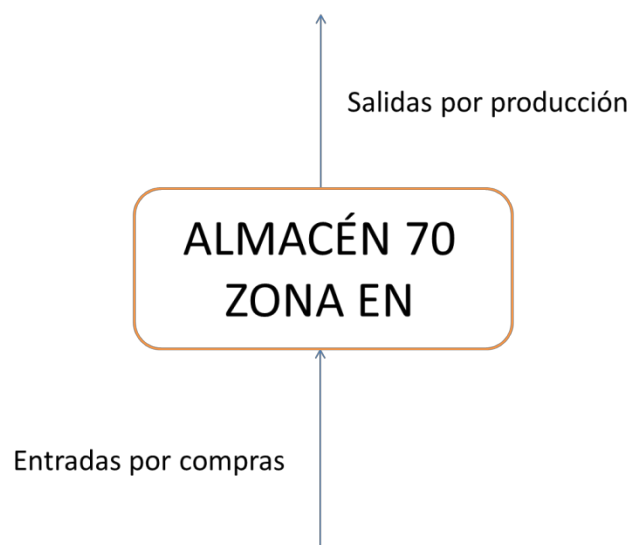


Figura 9. Representación de las operaciones del almacén de envases en el SGA

Listado de operativas en el almacén de producto acabado

El menú del SGA en AS/400 mostrado en los terminales de las carretillas que manejan los operarios del almacén está restringido a una pantalla llamada “Menú principal programas almacén RF” cuyas opciones se pueden ver en la siguiente captura.

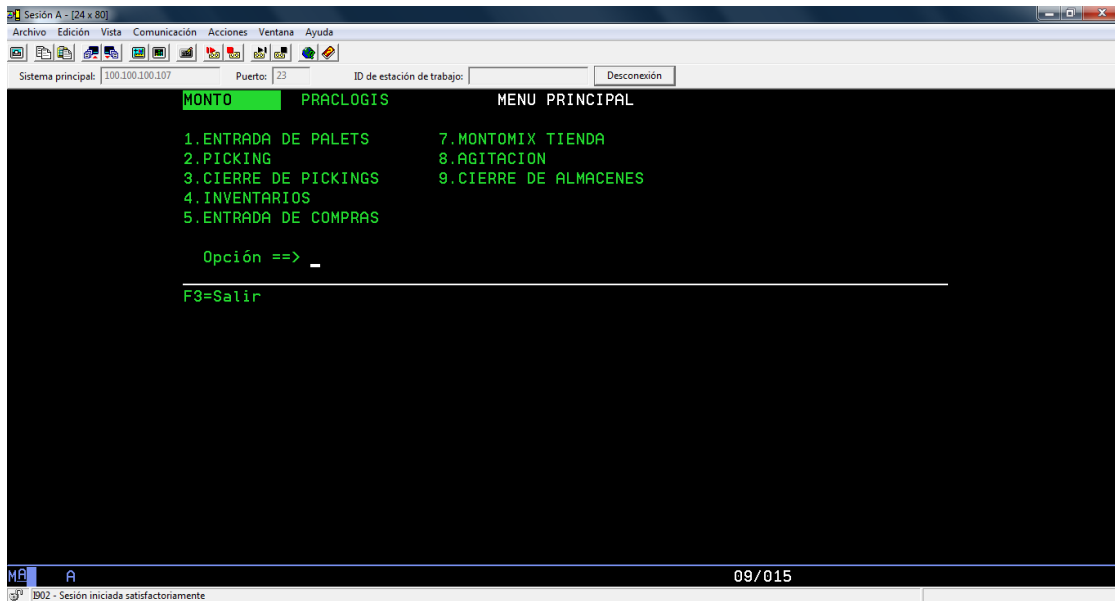


Figura 10. Menú principal del SGA por radiofrecuencia del almacén de producto acabado

Como se comentaba más arriba, en este apartado se van a exponer tres de las tareas de los operarios del almacén de producto acabado que pueden resultar útiles a la hora de plantear una solución para el sistema a implantar en el almacén de envases:

Entrada de palés

Este programa realiza un movimiento interno entre zonas de un mismo almacén, función que también se implantará en el nuevo sistema para el almacén de envases con diferentes objetivos.

Una vez los palés de fábrica son introducidos en las estanterías dinámicas por el robot, esta operación consiste en la reubicación de los palés desde las estanterías dinámicas a las estanterías convencionales. Es decir, de la zona DI a la zona TRI.

El sistema propone una lista de palés a mover según el criterio FIFO, y a su vez propone ubicaciones vacías donde se pueden llevar esos palés con la máquina trilateral según se vayan retirando los palés vacíos. Una vez el operario viaja a la ubicación y coloque el palé, debe escanear el código de barras EAN 13 del artículo y de la ubicación para asegurar que el movimiento ha sido efectuado correctamente.

Precisamente, esta función también ofrece una lista de ubicaciones con palés vacíos que se deben retirar para poder colocar palés salidos de fábrica.

Picking

Esta función permite comprobar cómo funcionan las reglas lógicas que el sistema usa para la asignación automática de ubicaciones a referencias, así como la utilización de las etiquetas de identificación por radiofrecuencia (también llamadas en inglés *Radiofrequency Identification*, RFID).

La mayoría de operarios del almacén trabajan preparando pedidos mediante *picking* montados en carretillas recogepedidos. La operativa habitual es la de trabajar con hojas de papel que contienen los códigos de barras de los *pickings*, así como información general del cliente y el listado de artículos que se van a recoger. El código de barras del pedido en cuestión es escaneado con el lector, y una vez que el sistema ha reconocido el número de *picking*, el sistema muestra la siguiente información por pantalla.

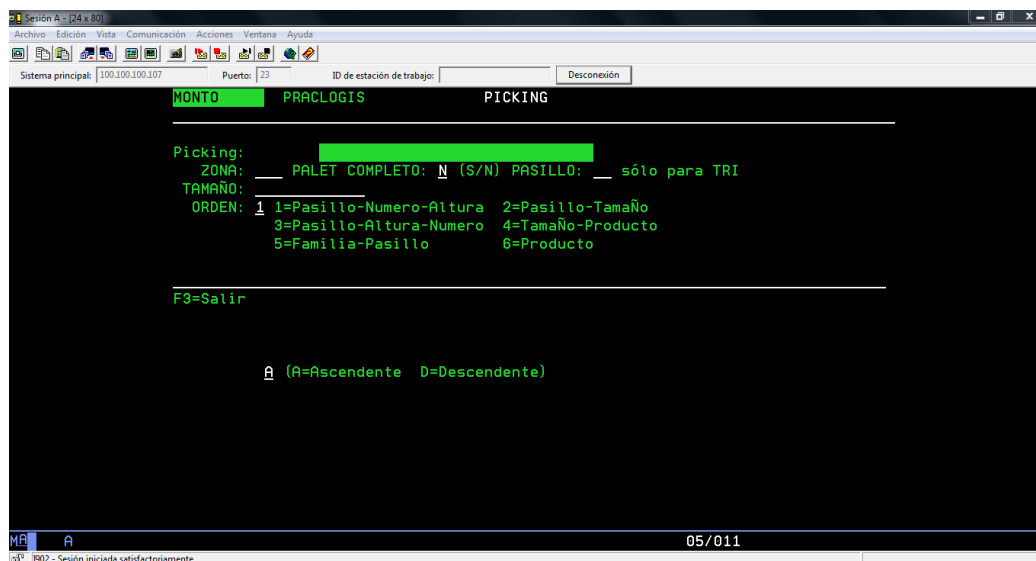


Figura 11. Pantalla principal de la preparación de pedidos mediante *picking*

Como se puede observar, el sistema ofrece opciones para acceder a cierta zona o pasillo en concreto a la hora de recoger los artículos, además de filtrarlos por tamaño de envase. Esto último es conveniente a la hora de poner los artículos de más peso en la parte de abajo del palé.

Una vez se confirma el orden de recogida, el sistema muestra una pantalla con el producto y la ubicación asignada a ese producto en ese *picking*. Como en el caso anterior, el sistema requiere confirmar el código de barras EAN 13 del producto y también el de la ubicación para asegurar que la recogida no se ha hecho de otra ubicación con el mismo producto. Esta operativa se repite tantas veces como productos distintos contenga el listado.

Una vez acabado el *picking*, el operario lo valida mediante la opción 3 en el menú: “*cierre de pickings*”. Simplemente tienen que volver a leer el código del folio del *picking* y el sistema lo da por cerrado y marca ese conjunto de artículos como listo para enviar al cliente.

Entrada de compras

En este apartado se explica el proceso de alta de compras en el almacén de producto acabado ya que el proyecto descrito en este trabajo también contempla un cambio en la operativa de recepción de mercancía en el almacén de envases.

La mercancía de producto comercializado, catálogos, vestuario o material para la red de Tiendas Montó (televisores, estanterías, expositores, etc.) se compra directamente a proveedores y, por tanto, se introduce al almacén de una forma diferente a lo que se produce en la fábrica. Cabe señalar que esta carga no suele almacenarse en palés y existe una zona en el almacén con estanterías o cajones para este tipo de mercancía.

Una vez que los operarios hayan descargado la mercancía, entregan el albarán a una persona del Departamento de Logística, que se encarga de pasar la información del albarán al SGA. Una vez se haya transferido esa información, se genera un listado de artículos pendientes de dar de alta.

Cuando los operarios se dedican a ubicar la mercancía en sus huecos correspondientes, entran en la opción 5 del menú principal, "entrada de compras". Aparece el listado generado en el departamento, y el operario responsable selecciona el artículo que vaya a almacenar. El sistema por defecto asigna una ubicación libre, aunque se puede pasar a la siguiente si dicha ubicación está ocupada o si la mercancía no cabe.

Cuando la ubicación ofrecida está disponible, se confirma en AS/400. Acto seguido, se cuentan las unidades por si no coinciden con las del albarán y se introducen en pantalla. La mercancía se da de alta en el sistema en el momento en que se valida esta operación, es decir, la recepción la hacen los operarios y no una persona encargada del departamento. Se repite esta operativa tantas veces como referencias distintas se reciban en una misma descarga.

2.3.2. Situación física

En este apartado se describen las diferentes tareas que realizan los operarios del almacén de envases previamente a la implantación del proyecto descrito en este trabajo, y que son tenidas en cuenta a la hora de elaborar el nuevo sistema.

Recepción de mercancía

Los proveedores deben pedir cita a la empresa para la recepción de camiones. Las descargas se organizan de forma que no lleguen más de 4 camiones al día, aunque también depende de la cantidad de palés que lleve cada camión. En todo caso, el volumen medio es de unos 45-50 palés diarios.

Hay dos zonas de muelles, una justo enfrente de la zona de envases de productos al agua (EAG) y otra entre la zona de envases de productos al disolvente (EDI) y la nave NET. Los operarios descargan los palés con un toro apilador o una carretilla y los dejan en un espacio anexo a los muelles.

Una vez acabada una descarga, uno de los operarios imprime etiquetas con información básica de identificación (código interno, descripción y código de barras) para pegarlas en los palés. Luego lleva el albarán al Departamento de Logística, donde otra persona realiza el proceso de dar de alta la mercancía recibida en el SGA. Al contrario de lo que ocurre en el procedimiento de entrada de compras del almacén de producto acabado, los operarios no interactúan con el SGA en el proceso de recepción en ningún momento.

Almacenamiento en estanterías

Cuando se dedican a almacenar los palés en las estanterías, los trasladan desde el espacio anexo a los muelles hasta las cabeceras de los pasillos de la zona más cercana a los muelles. Con la máquina trilateral buscan huecos disponibles, ubican la mercancía y apuntan en folios las ubicaciones que van ocupando con el código de la referencia y las unidades del palé en cuestión. Esto correspondería a un modelo de almacén caótico, pero se gestiona manualmente porque no se dispone de sistemas de información para la asignación automática de ubicaciones.

Aprovisionamiento a producción

A primera hora de la tarde, el responsable de planificación entrega una hoja a los operarios del almacén de envases con la planificación de la producción de la fábrica de productos al agua del día siguiente. En el folio aparece una lista con la siguiente información:

- Orden de envasado
- Código interno Montó del envase
- Descripción del envase
- Unidades a envasar

Los operarios buscan los palés de la lista, los descargan y los llevan a la zona WIP de la fábrica de productos al agua. Análogamente al caso anterior, apuntan en folios las ubicaciones que dejan libres.

Las tapas se gestionan de una forma diferente, ya que en la zona de consumo siempre hay palés de las tapas más usadas de cada tamaño y que se usan para muchas referencias distintas. Si se agotan, los operarios de envasado lo notifican a almacén para que repongan las tapas. Si se necesita algún modelo de tapas diferente a las habituales viene en la hoja de planificación.

Para la fábrica de productos al disolvente, los operarios de envasado suelen ir ellos mismos a buscar los palés de envases y tapas, o bien llaman por teléfono a los operarios del almacén de envases si necesitan ayuda para encontrar algún palé en concreto.

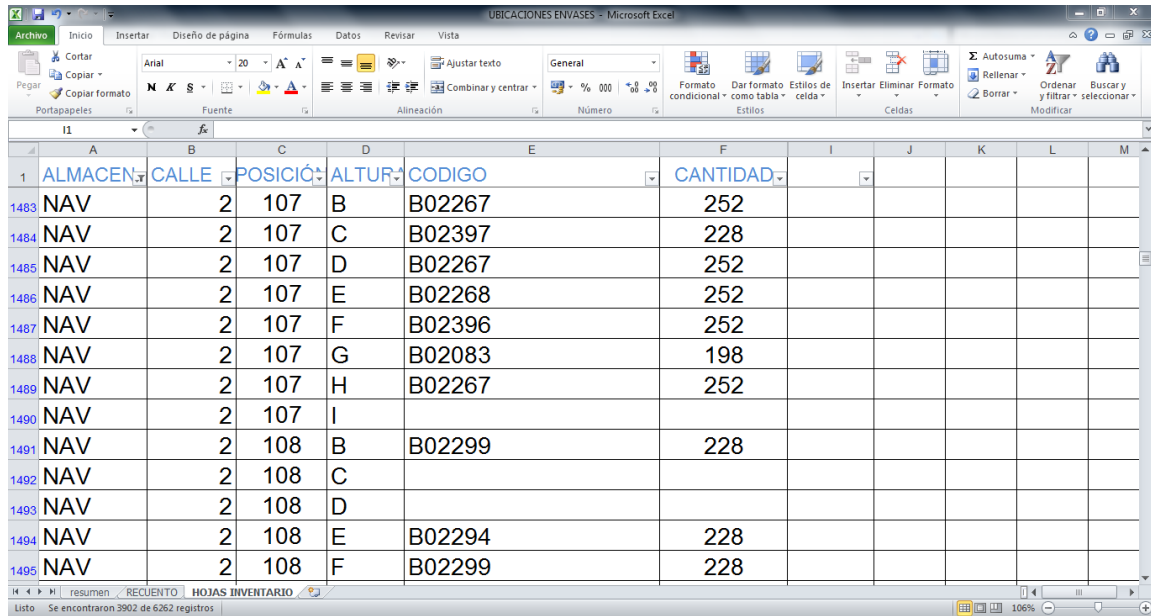
En el caso de que la planificación se retrase o se cambie, cosa que sucede casi a diario, a primera hora de la mañana se sigue con el trabajo de aprovisionamiento de envases.

Retorno de sobrantes de producción

En el caso de que las unidades previstas en la producción no coincidan con las de un múltiplo de las unidades/palé completo, cosa que resulta muy probable, en el área de envasado sobrarán envases, que se deberán devolver a su zona de almacenaje correspondiente.

Por tanto, se repite la misma operativa para los picos sobrantes que para el almacenamiento de las nuevas entradas.

La ausencia de un sistema de control por radiofrecuencia vinculado al SGA ha motivado que los dos operarios que trabajan actualmente en el almacén usen una hoja de cálculo que se elabora durante el inventario de fin de año como herramienta para controlar la ubicación de los palés. Esta hoja contiene la información que se puede ver en la siguiente captura:



	A	B	C	D	E	F	I	J	K	L	M
1	ALMACEN	CALLE	POSICIÓN	ALTUR	CODIGO	CANTIDAD					
1483	NAV	2	107	B	B02267	252					
1484	NAV	2	107	C	B02397	228					
1485	NAV	2	107	D	B02267	252					
1486	NAV	2	107	E	B02268	252					
1487	NAV	2	107	F	B02396	252					
1488	NAV	2	107	G	B02083	198					
1489	NAV	2	107	H	B02267	252					
1490	NAV	2	107	I							
1491	NAV	2	108	B	B02299	228					
1492	NAV	2	108	C							
1493	NAV	2	108	D							
1494	NAV	2	108	E	B02294	228					
1495	NAV	2	108	F	B02299	228					

Figura 12. Hoja de cálculo con información del inventario de envases

Para actualizarla, los operarios apuntan en folios la lista de artículos que mueven (tanto de entrada como de salida) así como la zona, ubicación y unidades/palé, y cuando tienen horas de menor actividad pasan esa información a la hoja de cálculo en Excel. Tener esta hoja actualizada les permite, cuando no recuerdan la ubicación de un artículo, buscarla en el ordenador y encontrarla fácilmente. De todas formas, su ordenador está en un despacho alejado de la nave de envases con más ubicaciones (zona DET), por lo que una consulta puede acarrear una pérdida de tiempo de hasta 10 minutos.

2.3.3. Análisis del stock de envases y tapas

Una vez acabado el periodo de formación, se empezó la elaboración de una hoja de cálculo para presentar un breve informe acerca de la situación del stock de envases y tapas. En este apartado se explica el proceso de elaboración de ese informe y las conclusiones extraídas a raíz del mismo. Debía hacer énfasis en los siguientes aspectos: espacio ocupado, impacto económico, obsolescencia y coberturas.

La hoja de cálculo se empezó a construir sobre la base de una descarga de la base de datos de AS/400, que contenía información sobre los códigos de cada una de las referencias activas, su descripción y sus existencias en el SGA entre otras cosas. Para saber cuáles correspondían a envases y tapas se filtró según el código interno, ya que el de todas las referencias de envases y tapas empieza con una "B".

A partir de ahí se empieza un trabajo de campo para buscar las unidades/palé completo de cada referencia. Hay un total de 1186 referencias de envases y tapas activas así que, en lugar de buscarlas una por una, se hizo una aproximación. Por ejemplo, todos los palés de envases del mismo tamaño de un proveedor vienen con el mismo número de unidades, pero ese número puede cambiar para un proveedor diferente. En ese caso, se usa como aproximación el número de unidades del principal proveedor de envases o tapas de ese tamaño, ya que la diferencia no suele ir más allá de un 10%.

De este modo, con los datos de unidades/palé completo de cada tamaño de envase o tapa (diferenciando entre plástico y metal), se iban filtrando los resultados por tamaño y se iba introduciendo el número correspondiente en una nueva columna. A partir de estos datos y de las existencias, se puede calcular el número aproximado de palés de cada referencia.

$$\text{Palés} = \frac{\text{Existencias}}{\frac{\text{Unidades}}{\text{palé completo}}} \quad (\text{Ec. 1})$$

Como dos de los principales proveedores sirven la mercancía en palés de ancho americano y otro sirve los envases metálicos de 15 litros en palés europeos de doble altura, se establece una unidad homogénea para los tres tipos de palé. Como los huecos de la gran mayoría de estanterías están diseñados para almacenar palés de ancho europeo estándar, se introduce el concepto Hueco Equivalente Europeo (HEE), que establece la relación de palés europeos estándar que ocupa un palé. De este modo, se añade el campo HEE/palé, que será uno de los siguientes valores:

- 1 si es palé europeo estándar
- 2 si es palé europeo de doble altura
- 1/0,8 = 1,25 si es palé americano

Se filtran las referencias por proveedor y se introduce el valor correspondiente. Una vez pasados todos los datos, se calcula el número de HEEs.

$$\text{HEE} = \frac{\text{Palés}}{\frac{\text{HEE}}{\text{palé}}} \quad (\text{Ec. 2})$$

En la herramienta Oracle Business Intelligence se puede hallar la valoración de los artículos. A partir de los datos de importe total y las existencias en ese archivo se calculó el importe unitario de cada referencia. Se multiplicó el importe unitario por las existencias de la primera descarga para hallar el cálculo de su valoración económica.

$$\text{Importe unitario} = \frac{\text{Importe total (Oracle)}}{\text{Existencias (Oracle)}} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

$$\text{Importe} = \text{Importe unitario} \times \text{Existencias (AS/400)} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

De esta forma, se tienen cuatro columnas relevantes en cuanto a espacio ocupado e impacto económico para el informe: existencias, palés, HEE e importe. A partir de ahora el objetivo es clasificar las referencias según su rotación (obsolescencia) y sus coberturas.

En ambos casos es necesario consultar los consumos. Se toman como referencia los consumos de los últimos 12 meses. Hay métodos más eficaces para la estimación de los consumos a muy corto plazo (de hecho se desestima la fórmula empleada para calcular las coberturas que se usa para el aprovisionamiento), pero en este caso se busca amortiguar el efecto de la estacionalidad, que es muy relevante en el sector de las pinturas y de la construcción en general.

Con los datos de una hoja de cálculo con el histórico de consumos de los últimos 12 meses (cada línea corresponde al consumo de una referencia en una orden de envasado, hay más de 20.000 entre abril de 2015 y marzo de 2016), se hallan las unidades totales consumidas de cada referencia y se añaden a la hoja de cálculo del informe.

La clasificación por consumos se hace con el mismo criterio con el que se hace para los informes de obsolescencia de producto acabado (se facilitó el informe de 2015 como referencia), esto es:

- ≥ 30 uds./mes
- ≥ 1 & < 30 uds./mes
- < 1 ud./mes
- Sin consumo, alta últ. 12 meses
- Sin consumo

Con los datos obtenidos hasta este punto sería posible establecer la clasificación si no fuera porque no se tiene el dato de la fecha de alta del artículo. Para conseguirla, se recurre al Programa Maestro de Producción (PMP o simplemente Maestro), donde figura la fecha de alta y la de última modificación entre otros datos. Se cruza la información entre ambas hojas de cálculo y se establece la clasificación con una serie de fórmulas condicionales anidadas en Excel.

Se calculan las coberturas con los consumos de los últimos 12 meses y no con la fórmula empleada para el aprovisionamiento ya que, como se ha comentado más arriba, el objetivo es eliminar el factor de estacionalidad para todas las referencias. De este modo, las coberturas se calculan dividiendo las existencias en AS/400 por el consumo:

$$\text{Cobertura (meses)} = \frac{\text{Existencias AS/400 (uds.)}}{\text{Consumo (uds./12 meses)}} \quad (\text{Ec. 4})$$

En el caso de la clasificación por coberturas se fija el siguiente criterio:

- ≥ 12 meses
- ≥ 6 & < 12 meses
- ≥ 1 & < 6 meses
- < 1 mes
- Sin consumo
- Sin consumo, alta últ. 12 meses

Del mismo modo que en el caso anterior, mediante el uso de fórmulas condicionales anidadas, se establece una nueva columna con la clasificación por coberturas. Una vez ya se ha obtenido toda la información necesaria, se presentan los datos a continuación. En cuanto a los gráficos, se muestra solo el relativo a las existencias ya que los cuatro arrojan resultados muy similares en porcentaje.

	Existencias (Ud)	Nº de Palés	Nº de HEE	Importe (€)
≥ 30 uds./mes	4.626.983	5398	6628	1.959.215,87 €
≥ 12 meses	2.228.819	2474	3042	829.186,10 €
≥ 6 & < 12 meses	955.488	1130	1379	453.263,88 €
≥ 1 & < 6 meses	1.419.138	1728	2125	665.812,42 €
<1 mes	23.538	66	82	10.953,48 €
≥ 1 & < 30 uds./mes	230.120	555	700	154.120,24 €
≥ 12 meses	229.824	538	682	151.108,75 €
≥ 6 & < 12 meses	65	16	16	1.441,23 €
≥ 1 & < 6 meses	231	1	1	1.570,26 €
<1 mes	0	0	0	0,00 €
< 1 ud./mes	2.969	2	2	1.144,90 €
≥ 12 meses	2.969	2	2	1.144,90 €
<1 mes	0	0	0	0,00 €
Sin consumo	1.132.451	1078	1309	418.247,82 €
Sin consumo, alta últ. 12 meses	230.500	390	476	164.652,01 €
Total	6.223.023	7424	9114	2.697.380,85 €

Tabla 4. Espacio ocupado e importe según consumos y coberturas

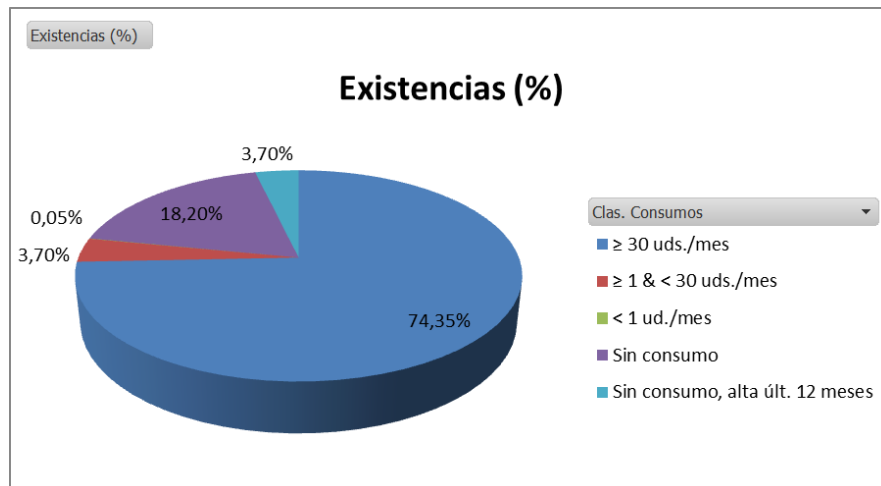


Figura 13. Distribución de las existencias de envases y tapas clasificadas por consumos

En primer lugar, la clasificación por consumos muestra que alrededor de un 15% del valor total de los envases y las tapas (418.248 €) es de referencias en *stock* que no han tenido consumo en el último año, por lo que es probable que la mayoría de ellos sean productos obsoletos. Teniendo en cuenta que no es difícil encontrar en el almacén palés recibidos hace más de 5 años y que los operarios tienen problemas de espacio si no quieren dejar mercancía a la intemperie, los obsoletos representan uno de los mayores obstáculos en la gestión del almacén de envases.

Un 5,71% corresponde a referencias creadas en los últimos 12 meses y que todavía no han tenido consumo. Esto se puede deber a distintas razones, pero la principal es que el año pasado se cambiaron cerca de 400 referencias para incluir en el serigrafiado de los envases la información relativa al etiquetado CLP. Esta información, definida en el reglamento 1272/2008 de la Unión Europea, pasó a ser obligatoria a partir del 1 de junio de 2015 para los envases de mezclas y sustancias químicas. Por este motivo, es frecuente que se sigan usando los botes antiguos añadiéndoles una pegatina hasta que se acaben y se empiecen a usar los nuevos, ya serigrafiados con la información actualizada.

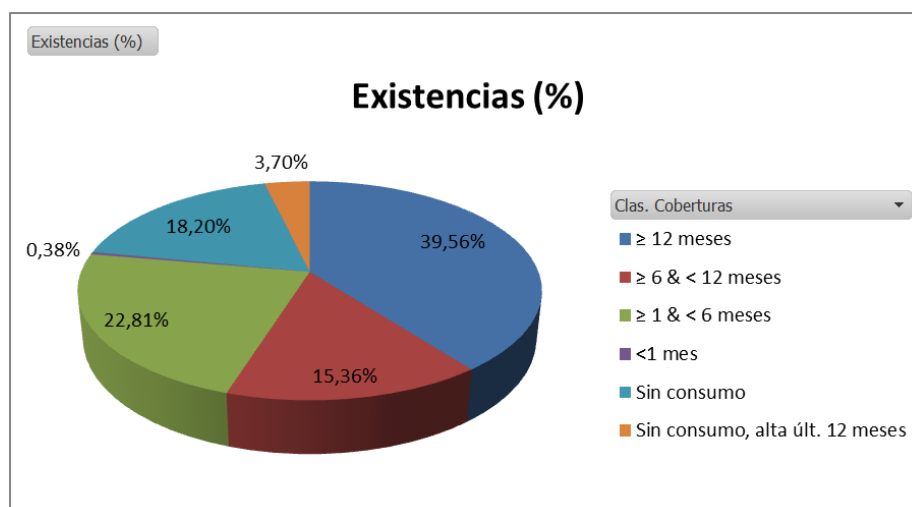


Figura 14. Distribución de las existencias de envases y tapas clasificadas por coberturas

Si se hace énfasis en la clasificación por coberturas se puede constatar el criterio excesivamente conservador a la hora de comprar envases. Más de la mitad del importe en envases y tapas corresponde a referencias con una cobertura de más de 6 meses. Teniendo en cuenta que el principal proveedor de envases de plástico tiene un plazo medio de entrega de menos de dos semanas y que las entregas más tardías suelen estar alrededor de 40-50 días, se puede afirmar que no se sigue una planificación estricta de la compra de envases vía MRP (*Material Requirements Planning*) para tener el mínimo *stock* necesario (Domínguez Machuca, 1995) sino que priman otros criterios como por ejemplo la compra de grandes lotes para obtener un descuento por parte del proveedor. De todas formas, la optimización de la operativa de aprovisionamiento de envases queda fuera del alcance del proyecto descrito en este trabajo.

En este análisis también se han comparado los resultados de AS/400 con los de la hoja de cálculo que manejan los operarios en su día a día a partir del inventario de final de año. El objetivo es el de demostrar que los operarios no cuentan con herramientas fiables de control del inventario en las diferentes zonas del almacén, y que es necesario un sistema de control por radiofrecuencia integrado en el SGA.

Como ya se ha mostrado en el apartado 1.6., la hoja de cálculo contiene las ubicaciones en estanterías de todas las zonas, con el código de la referencia que ocupa cada una y sus respectivas unidades. A partir de esta hoja, se suman todas unidades para cada código y se sigue el mismo procedimiento que el que se ha seguido para las existencias en AS/400. Es decir, se calculan los palés a partir del dato unidades/palé completo, los HEE a partir del tipo de palé y el importe a partir del importe unitario.

En la siguiente tabla se muestran las diferencias entre los resultados en AS/400 y en la hoja de cálculo del inventario:

	Desfase Existencias (Ud)	Desfase Palés	Desfase HEE	Desfase Importe (€)
≥ 30 uds./mes	1.327.173	1115	1414	382.841,89 €
≥ 1 & < 30 uds./mes	49.123	71	90	17.024,83 €
< 1 ud./mes	-47.139	-9	-12	-6.773,79 €
Sin consumo	324.763	333	411	92.366,91 €
Sin consumo, alta últ. 12 meses	87.072	113	143	59.517,43 €
Total	1.740.992	1623	2047	544.977,26 €

Tabla 5. Desfases AS/400-Excel inventario según consumos

Como se puede observar, el desfase entre los resultados es notable, alrededor del 20% en las cuatro columnas. Esto se debe a diversas razones. La primera de ellas es que los operarios no actualizan la hoja de cálculo para todas las zonas, sino que registran los cambios en las zonas con estanterías de más rotación (EAG y NET) y solo las ubicaciones en estanterías, sin contar los palés apilados en el suelo. Por otra parte, el inventario en ciertas zonas como por ejemplo la fábrica de productos en polvo y tintes no es del todo fiable ya que, según comentan los operarios, los artículos cuyos códigos no fueran visibles no se apuntaron debidamente.

Por otra parte, las existencias en AS/400 tampoco son 100% fiables, ya que puede haber fallos en la validación de consumos en las órdenes de envasado porque las cifras se introducen manualmente y no existe una estructura de confirmación que asocie las entradas al almacén de producto acabado con los consumos de envases y tapas. Además de eso, es también posible (aunque menos probable) que la operación de recepción de mercancía no se haya ejecutado correctamente en el sistema y que nadie en los departamentos de producción o compras se haya dado cuenta.

Una vez analizada la situación actual del almacén de envases, en el próximo capítulo se propone la solución para integrar el almacén de envases y tapas en el sistema de gestión de almacenes de la compañía sin detener el ritmo habitual de producción en la fábrica.

2.4. Motivación del proyecto

El proyecto descrito en este trabajo estaba pendiente de realizar en la empresa desde diciembre de 2014. Su retraso se debía, entre otras cosas, a la relativa ausencia de incidencias graves en el servicio de envases y tapas a las líneas de envasado. Cabe destacar que, hasta ese momento, solo había un operario encargado de la gestión de los envases.

En 2015 la compañía da un salto importante de ventas como se ha visto en el primer apartado y, como es lógico, el volumen de producción se incrementa proporcionalmente. Durante la temporada alta de ese año, en los meses de verano, se ven obligados a contratar temporalmente a otra persona para poder garantizar que la gestión del almacén de envases no ralentizara el ritmo de producción. Esta persona es contratada otra vez este año, en parte como apoyo al otro operario del almacén de envases y en parte para realizar las tareas relativas al almacén que se programaran en este proyecto.

Está previsto que, después de la implantación del nuevo sistema, la gestión del almacén de envases pase al Departamento de Logística (anteriormente dependía del de Producción, junto con el almacén de materia prima). A continuación se explican los objetivos que persigue el director del departamento en la gestión del inventario de envases y que han motivado la implantación de un sistema de control por radiofrecuencia:

Objetivo 1: Mejora de la fiabilidad del inventario

El objetivo principal de este proyecto es el de tener un control permanente del inventario del almacén de envases. Al contrario de lo que ocurre en otros almacenes, en el caso de los envases no se hace una regularización anual de existencias en el SGA (se hacía hace años, hoy en día solo se hacen regularizaciones puntuales en caso de que se encuentren diferencias muy significativas), por lo que no se puede asegurar la completa fiabilidad de los registros de existencias en la base de datos.

Esto provoca un desfase importante en la valoración del inventario, además de distorsiones en las necesidades de compra y aprovisionamiento (Chase y Aquilano, 1994). Es decir, si la persona encargada de comprar los envases no puede asegurar que las existencias son fiables, empleará un criterio conservador y comprará al alza para asegurar que Producción no se quede sin envases. Por tanto, una solución a la incertidumbre en el inventario podría ayudar a resolver a medio plazo los problemas de espacio ocupado.

Se ha visto en el apartado del análisis del *stock* que no hay un control exhaustivo de la cantidad de envases almacenados en la fábrica. De este modo, el desfase entre las existencias reflejadas en el SGA y las de la hoja de cálculo que manejan los operarios a diario es de hasta un 20%. Este porcentaje representa, para la cantidad de envases que se almacenan, una gran cantidad de *stocks* cuyo registro afecta a la cuenta de resultados de Pinturas Montó.

Como no se puede asegurar que uno de los dos es completamente fiable, la necesidad de implantar un nuevo sistema se hace patente. El nuevo sistema no solo debe corregir el registro del *stock* sino que debe permitir la detección de las fuentes de error, tanto en la recepción de mercancía (entradas) como en la validación de consumos en las OF (salidas), para poder ser corregidos con la mayor rapidez posible y asegurar un inventario continuo.

Objetivo 2: Mejora de la productividad

Hace unos años, cuando solo había envases en un par de zonas (agua y disolvente), el operario encargado del almacén de envases era capaz de recordar las ubicaciones de los artículos de memoria. Además, el número de referencias era mucho menor, por lo que las podía agrupar por tamaños, productos, etc.

El ritmo de producción aumentaba año tras año y, debido a la falta de espacio, se ocuparon almacenes diferentes para que no quedara mercancía a la intemperie. Por esta razón hay envases en 6 naves distintas, a las que se llama “zonas” en este trabajo para tener la misma notación que la empleada en el SGA.

Ahora que resulta imposible tener en mente todas las referencias y sus ubicaciones, el apoyo a nivel del SGA es inexistente. Si no se tiene en cuenta el problema de la fiabilidad, la hoja de cálculo que usan los operarios actualmente puede ser una herramienta útil y económica a corto e incluso a medio plazo. Pero como ya se ha comentado, los envases están muy dispersos por la fábrica y el viaje a su ordenador puede costar hasta 10 minutos entre ida y vuelta. Por este motivo, si los operarios necesitan hacer muchas consultas al día en la hoja de cálculo, este procedimiento es lento y poco operativo.

3. METODOLOGÍA

3.1. Definición de la solución

3.1.1. Objetivo de funcionamiento del sistema

El principal criterio que se ha seguido a la hora de proponer un objetivo de funcionamiento para el almacén de envases en el SGA es el de reflejar en el sistema de gestión de almacenes todos los movimientos físicos de palés de envases y tapas que tienen lugar internamente en la fábrica con el objetivo de localizar las fuentes de error en el inventario. Para ello se plantea la creación en el sistema de dos nuevos almacenes adicionales al 70, uno provisional y uno definitivo para el *stock* de envases y tapas:

1. Almacén 74: Será un almacén provisional en el cual, al final de la fase de ejecución del proyecto, se encontrarán las existencias de envases y tapas reales que habían en exceso en la base de datos respecto a las del inventario de final del año pasado.
2. Almacén 79: Será el almacén definitivo para el *stock* de envases y tapas. Los palés de envases se irán transfiriendo a las ubicaciones virtuales que correspondan a sus ubicaciones reales mediante tres operativas:
 - a. Nuevas entradas (compras). Se creará una zona nueva para la recepción de mercancía, que corresponderá al espacio anexo a los muelles. Desde esta zona se transferirá a su ubicación en el 79 o en el 70. De este modo se controla la situación de los palés desde su entrada a la fábrica.
 - b. Picos sobrantes de fabricación (agua y disolvente). Los restos de la producción diaria serán transferidos desde el almacén de consumos (70) al de *stock* (79).
 - c. Inventario físico progresivo ordenado por pasillos:
 - i. Se etiquetará cada ubicación con el código de barras que corresponda a dicha ubicación en el SGA (pasillo, columna, altura).
 - ii. Se contará el *stock* en la ubicación, y se realizará el traspaso al 79. Para ello, se creará una pantalla en AS/400 en la que, leyendo el código de barras del artículo y de la ubicación, se realizará directamente la entrada en la zona correspondiente del almacén 79.

El almacén 70 seguirá siendo el almacén de consumos o *work-in-process* (WIP). Tendrá tres zonas: agua (CAG), disolvente (CDI) y polvo y tintes (CPT). En el caso de los productos en polvo y tintes, la zona CPT será tanto de almacenamiento como de consumo porque el volumen de artículos es menor y los propios operarios de fabricación se autoabastecen, por lo que añadir un almacén intermedio ralentizaría el proceso y lo haría más complejo (Domínguez Machuca, 1995)

En cualquier caso los operarios de envasado de cada una de las tres áreas de producción, en el momento de validar sus órdenes de envasado, solo podrán consumir envases y/o tapas si se encuentran en este almacén. En caso contrario, el sistema mostrará un error y no dejará cerrar la orden.

Por otra parte, si al devolver un palé con envases sobrantes de fabricación del almacén 70 al 79 el operario se da cuenta de que el número de unidades mostradas por pantalla difiere en más de un 10% aproximadamente, deberá notificarlo al departamento de producción, que revisará las órdenes de fabricación y las órdenes de envasado para comprobar si ha habido algún error en la validación de consumos.

Tanto las zonas de consumo como la zona 79 MUE son de ubicación ficticia. Esto significa que no disponen de mapa de ubicaciones (no controladas por radiofrecuencia) y que el sistema asignará ubicaciones virtuales aleatorias a las referencias que se encuentren en esas zonas, ya que son relativamente pequeñas y los operarios pueden localizar fácilmente los palés que buscan.

En los siguientes diagramas se representa esquemáticamente el proceso de suministro de envases y tapas, desde la recepción hasta el consumo. Estos movimientos deberán quedar reflejados en el registro del SGA.

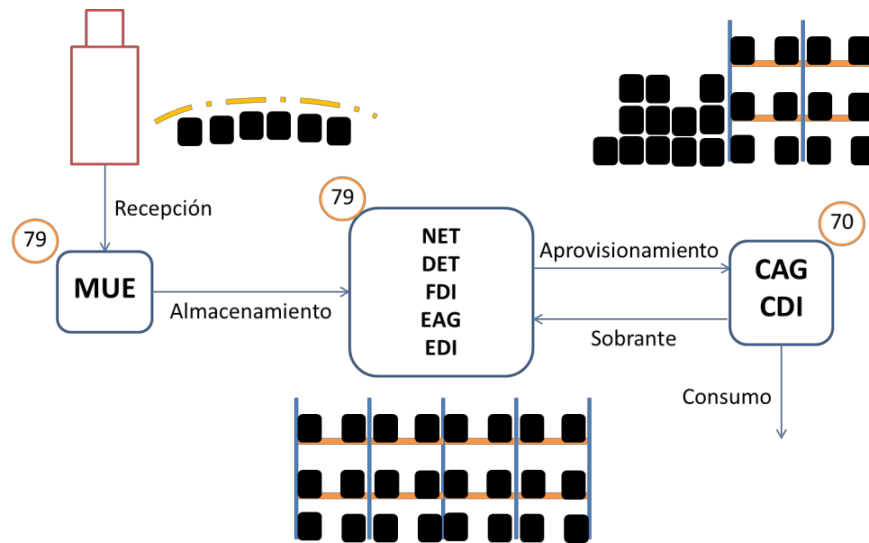


Figura 15. Representación de la cadena de suministro para productos al agua y al disolvente

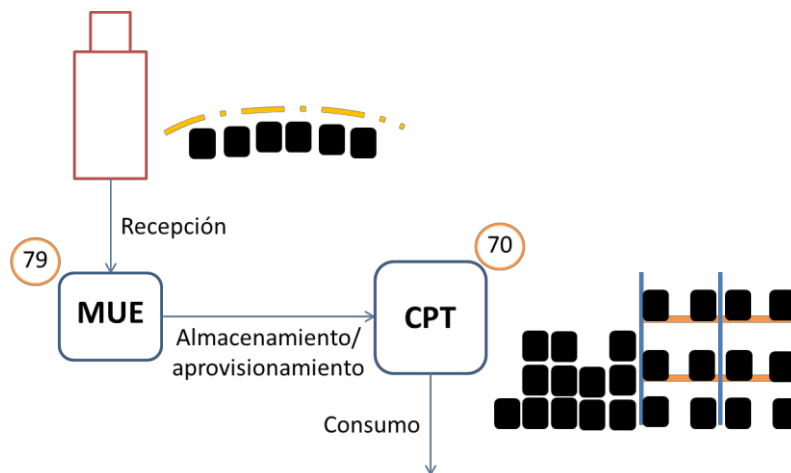


Figura 16. Representación de la cadena de suministro para productos en polvo y tintes

En el siguiente esquema se puede comprobar cómo debe quedar la configuración generalizada de almacenes y zonas una vez finalizada la implantación del sistema, así como los movimientos internos.

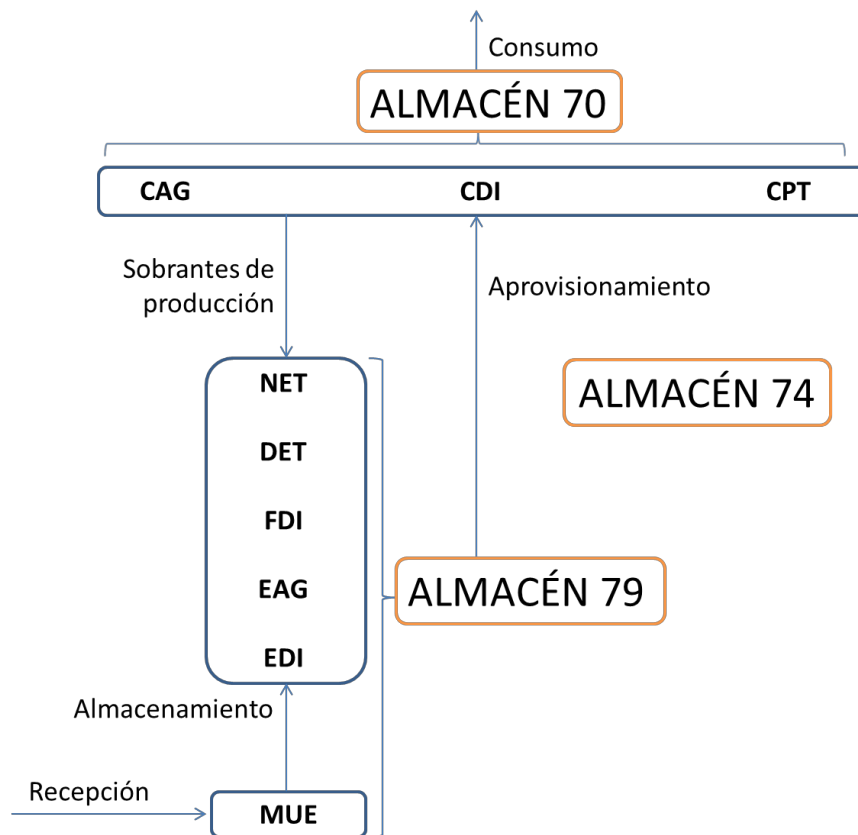


Figura 17. Nuevos almacenes y movimientos en AS/400

En este apartado se ha descrito el objetivo que se ha establecido para la implantación de un sistema de control por radiofrecuencia de las diferentes zonas que conforman el almacén de envases. Es fundamental tener en cuenta que la integración del nuevo sistema se debe hacer sin afectar al ritmo de producción ya que la implantación tendrá lugar durante los meses de verano, que coinciden con los de mayor actividad en la fábrica. Por este motivo no se contempla parar la fábrica durante el tiempo necesario para hacer los traspasos pertinentes.

Por tanto, para llegar a esta distribución desde el modelo actual (figura 12) al objetivo (figura 17), es necesario establecer un modelo de transición. Con el fin de aportar distintos puntos de vista a la hora de abordar los posibles problemas que puedan surgir durante la ejecución del proyecto, se elaboraron dos alternativas para tomar una decisión conjunta por parte del departamento.

En los siguientes apartados se exponen los dos modelos, se señalan los pros y los contras de ambos y cuáles fueron los criterios que primaron a la hora de tomar la decisión. Se informa de que términos como “movimiento” o “traspaso” son empleados en la presentación de las propuestas a nivel del sistema de gestión de almacenes, por lo que en ningún caso deben ser entendidos como desplazamientos físicos de mercancía a no ser que se especifique.

3.1.2. Propuesta de modelos

3.1.2.1. Alternativa 1

Según la programación planteada en esta primera propuesta, la implantación del nuevo sistema dará comienzo un viernes por la tarde o un sábado por la mañana a fábrica parada. Ese día, llamado de ahora en adelante “día 0”, se hará un inventario de las zonas de consumo de productos al agua y de productos al disolvente.

El lunes siguiente (día 1) continuará el ritmo habitual de la fábrica y, como el sistema solo dejará validar las OF en caso de que tanto envases como tapas estén en sus respectivas zonas de consumo en AS/400, es necesario tener inventariadas las zonas de consumo en el momento que empiece la producción. En caso contrario el sistema dará error a la hora de la validación de cualquier OF.

Por esta razón se traspasarán todas las existencias de envases y tapas de la zona EN del almacén 70 al nuevo almacén provisional, llamado 74. El inventariado consistirá en el traspaso de todos aquellos artículos que se encuentren físicamente en las zonas de consumo desde el almacén 74 a la zona correspondiente del almacén 70 (CAG en el caso de fabricación al agua y CDI para disolvente).

Se hace una excepción para la zona de consumo de productos en polvo y tintes. Por una parte, como ya se ha comentado, la zona CPT del almacén 70 servirá no solo como zona de consumo sino también como zona de almacenaje. Por tanto, el volumen de productos imposibilita inventariar en uno o dos días con el personal disponible. Por otra parte, para dichos productos la validación de las OF se suele realizar horas después de su envasado, por lo que no habría problema en hacer un traspaso de todas esas referencias de 74 a 70 CPT.

Secuencia a seguir el día del arranque o día 0:

1. Transferencia automática de todo el *stock* de envases y tapas desde la zona EN del almacén 70 al nuevo almacén 74.
2. Inventariar a fábrica parada las zonas de consumo de productos al agua y al disolvente (CAG y CDI en el SGA), es decir, hacer un traspaso del almacén 74 a la zona de consumo correspondiente del almacén 70.
3. Transferencia del *stock* de las referencias de la fábrica de productos en polvo y tintes del almacén 74 a la zona CPT del almacén 70.

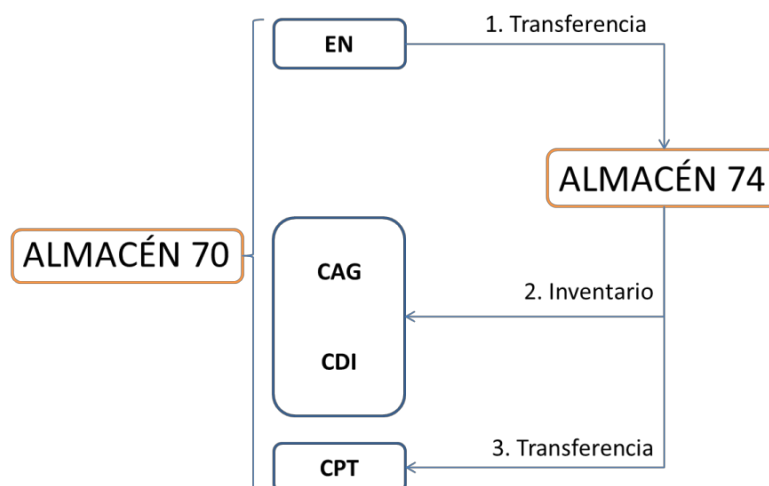


Figura 18. Operativa de arranque de la Alternativa 1 (día 0)

Una vez se tengan controladas las zonas de consumo para no retrasar la validación de OF el primer día de la implantación o día 1, se debe asegurar que el suministro de envases y tapas previsto en la planificación sea traspasado también en AS/400.

Por otro lado, habrá que hacer el movimiento contrario para los palés de sobrantes de fabricación, también llamados "picos". Es decir, si por ejemplo de la referencia B02397 ENVASE PLASTICO NEVADA 15L. se fabrican 200 botes y el palé completo contiene 228, los 28 restantes se deberán devolver al almacén correspondiente. Como el objetivo es que en AS/400 el almacén 74 se vaya vaciando, los picos se devolverán directamente a la zona correspondiente del almacén 79.

Al almacén 79 también se irán dando de alta las nuevas entradas. A partir del día 1 los envases recibidos se almacenarán automáticamente en la zona MUE, que corresponderá a la zona anexa a los muelles como ya se ha indicado anteriormente. Desde esa zona habrá que hacer el consiguiente traspaso de zona a su ubicación definitiva en cualquiera de las zonas destinadas a almacenaje.

Por último, el día 1 se empezará el inventario progresivo de las ubicaciones. Es decir, se irán traspasando todos los palés de envases y tapas desde ubicaciones ficticias en el almacén 74 a las ubicaciones correspondientes del almacén 79 definidas mediante zona, pasillo, columna y altura.

Resumen de nuevas operativas a introducir en paralelo a partir del día 1:

- Recepción de mercancía en la zona MUE del almacén 79.
- Almacenamiento a zonas NET, DET, FDI, EAG o EDI (almacén 79) desde 79 MUE.
- Aprovisionamiento a las zonas de consumo del almacén 70 desde el 74 o desde el 79.
- Retorno de picos al almacén 79.
- Inventario por ubicaciones (traspaso progresivo de 74 a 79).

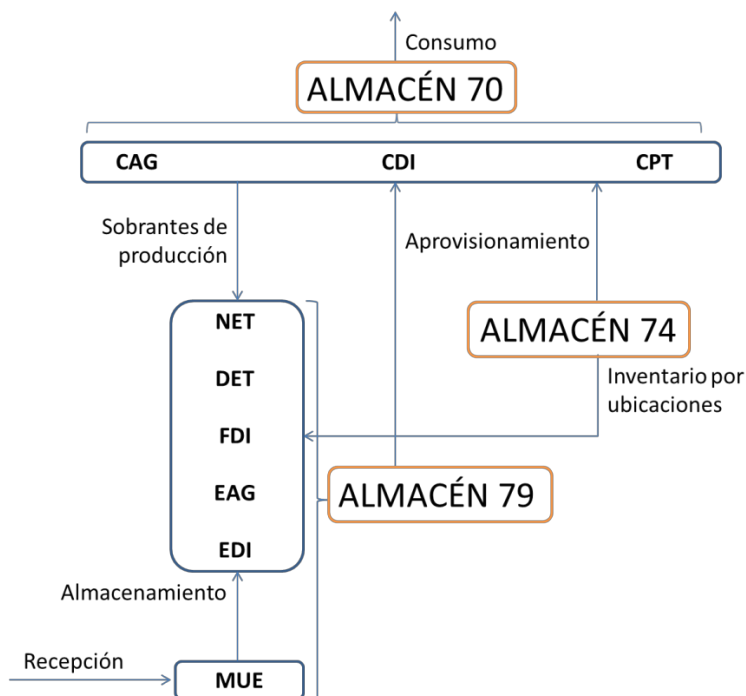


Figura 19. Desarrollo de la Alternativa 1

3.1.2.2. Alternativa 2

Esta segunda alternativa plantea que el almacén y zona actual de envases y tapas (70 zona EN) siga siendo tanto el de consumo como el de almacenaje, así como la introducción progresiva de nuevas operativas.

El primer día de la implantación darán inicio las siguientes operativas, ya explicadas previamente:

- Recepción de mercancía en la zona MUE del almacén 79.
- Almacenamiento a zonas NET, DET, FDI, EAG o EDI (almacén 79) desde 79 MUE.
- Inventario por ubicaciones (traspaso progresivo de 70 EN a 79).

A medida que vaya avanzando el inventariado se necesitará hacer los movimientos del almacén 79 al 70 para poder validar los consumos. Además, los operarios lo preferirán ya que el nuevo sistema indicará las ubicaciones donde se encuentren existencias del artículo que necesiten, por lo que dejarán de buscarlos manualmente.

Por otra parte, deberán ir haciendo los trasposos de sobrantes de fabricación al almacén 79 cuando la ubicación en la que vayan a poner el palé ya esté inventariada. De este modo se va vaciando la zona 70 EN y se van llenando las respectivas zonas del almacén 79.

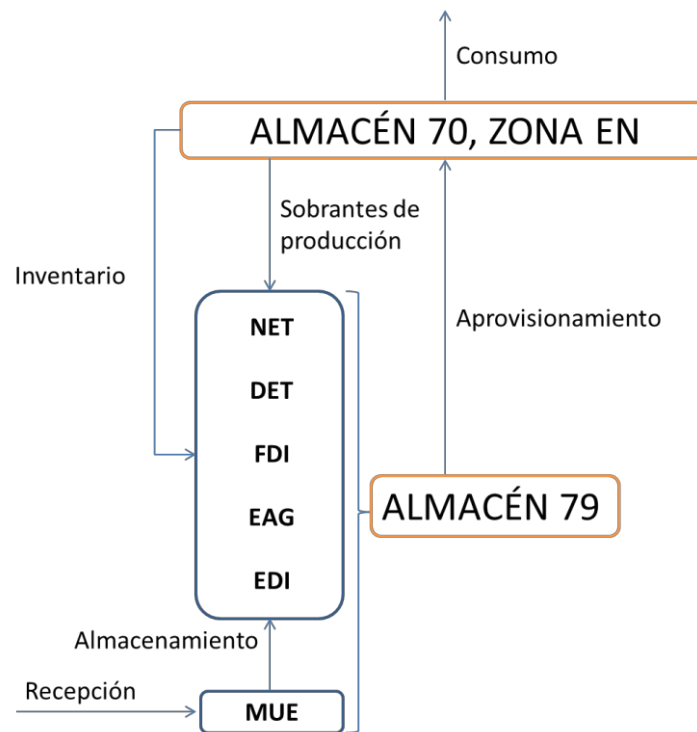


Figura 20. Desarrollo de la Alternativa 2

Cuando haya acabado el inventario progresivo por ubicaciones se podrá dar por acabada la implantación del nuevo sistema. Al final de año ("día n"), cuando se hace el inventario general de la fábrica, se podrá inventariar las tres zonas de consumo (agua, disolvente y polvo y tintes) traspasando todo lo registrado de la zona EN a su zona correspondiente (CAG, CDI y CPT respectivamente) del mismo almacén.

Además, todo aquello que no haya quedado registrado en las zonas CAG, CDI y CPT del almacén 70 o en el almacén 79 se considerará como no encontrado y será traspasado al almacén 74. A partir del día n , Gerencia de Operaciones deberá tomar la decisión de regularizar o no esas existencias, asumiendo las pérdidas y su consiguiente efecto en la cuenta de resultados.

Secuencia de operativas para el día n :

1. Inventariar las zonas de consumo y hacer el traspaso a las nuevas zonas CAG, CDI y CPT (agua, disolvente y polvo y tintes respectivamente).
2. Traspasar todo lo que no ha sido localizado en el inventario ni en las zonas de consumo ni en el almacén 79 al almacén 74 para que Gerencia de Operaciones decida sobre su regularización.

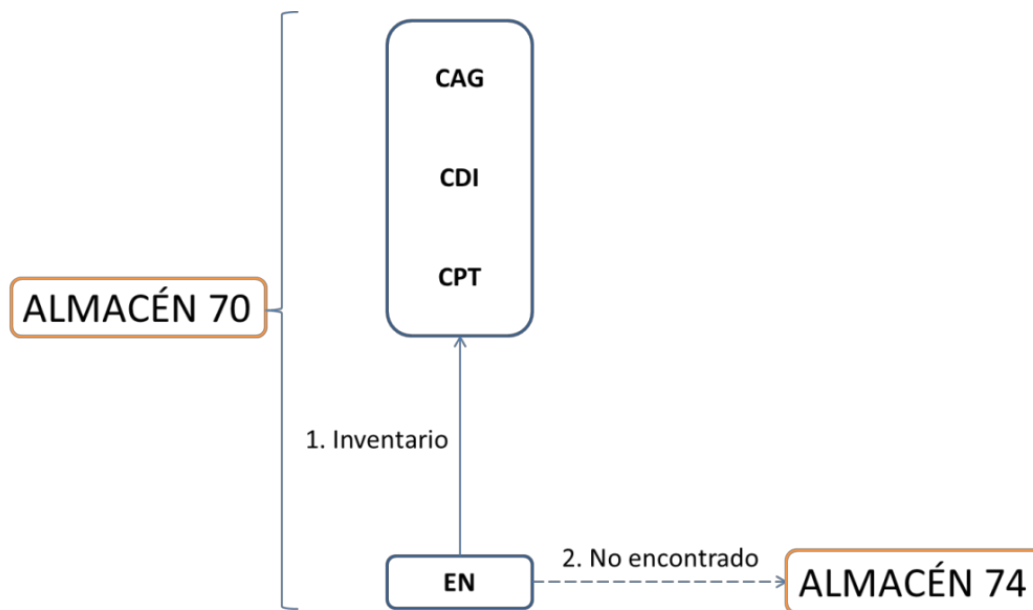


Figura 21. Día n de la Alternativa 2

3.1.2.3. Comparativa de ambos modelos y toma de decisión

La principal diferencia entre las dos alternativas presentadas es el tratamiento del almacén 74. Mientras en la Alternativa 1 se pasa todo el *stock* a ese almacén transitorio en el primer paso de la implantación, en la segunda es justo el último y tiene lugar durante el inventario de final de año.

La Alternativa 1 presenta las siguientes ventajas frente a la 2:

- Control del *stock* de las zonas de consumo desde el primer día de la implantación. No se debe olvidar la meta principal de este proyecto: controlar de forma más eficaz el inventario y detectar las fuentes de error. Por este motivo conviene tener bajo control dichas zonas, ya que se podrían hacer revisiones periódicas para detectar desfases entre existencias físicas y virtuales.
- Más rapidez. El hecho de introducir todas las operativas el mismo día supone que, si no hay problemas, el proyecto podrá darse por concluido en el momento que se acabe el inventariado de todas las ubicaciones. En cambio, en el otro modelo habría que esperar al inventario de final de año.

Por el contrario, la Alternativa 2 tiene estas ventajas:

- La introducción sucesiva de nuevas operativas puede suponer una reducción en el número de incidencias por el mero hecho de la familiarización de los operarios con el entorno AS/400. La ausencia de un primer día crítico en este modelo puede ser positiva desde un punto de vista conservador.
- Este modelo permite hacer un arranque a pequeña escala: es posible hacer una selección de referencias “piloto” (si se sigue la metodología de clasificación ABC del inventario según la propuesta de Domínguez Machuca (2005), estas corresponderían a la categoría A) de entre las que más rotación tienen y poner en marcha el almacén 79. Con esto se podría comprobar la fiabilidad de la operativa empleada a todos los niveles.

A la hora de tomar la decisión primó la rapidez del **primer modelo** frente al segundo. Hay que tener en cuenta que los meses de verano son los de mayor actividad en la fábrica, y por tanto desde Gerencia de Operaciones se quería evitar que el proyecto se alargara indefinidamente. Además, la primera alternativa permite establecer una planificación más estricta para que el Departamento de Informática tenga marcada una fecha límite para que el sistema esté listo para funcionar.

3.2. Planificación del proyecto

3.2.1. Estimación del tiempo dedicado a cada tarea

En este apartado se detalla el contenido y la duración de cada una de las tareas que se muestran en el diagrama de Gantt del proyecto, tal y como se puede apreciar en el apartado 3.2.3 (figura 22).

En primer lugar, la primera etapa consistió en definir a grandes rasgos el plan de proyecto junto a Gerencia de Operaciones. A continuación, se marcó como objetivo entrar más en detalle en el funcionamiento interno a nivel de AS/400, y para ello se convocan una serie de reuniones con el Departamento de Informática. Antes de dichas reuniones se había planteado solamente la Alternativa 1, pero después de unas sugerencias del Director de Informática y del tutor de este trabajo se planteó también la Alternativa 2. Como ya se ha comentado, dicho modelo fue rechazado en el siguiente comité de Operaciones.

Continuaron los contactos con el Departamento de Informática con el fin de fijar el tiempo necesario de desarrollo de las pantallas necesarias para que el control por radiofrecuencia sea viable a nivel operativo. Se estimaron unas 90 horas de trabajo. Como la dedicación a este proyecto no sería completa, el plazo que se estableció fue de 3 semanas. A partir de este momento se construyó de una manera fiable el Diagrama de Gantt del proyecto.

La primera tarea programada fue habilitar espacio para los palés de envases en la zona WIP de envasado de productos al disolvente (llamada CDI en AS/400). En las estanterías de esta zona se encontraban unos 30 palés de tapas que debían ser reubicados para hacer hueco para el aprovisionamiento de envases. Se explicará el procedimiento más adelante. Se estimaron dos semanas de trabajo a media jornada sin dedicación exclusiva a esta tarea.

Además, como ya se tendrá el espacio habilitado para poner en esas estanterías los palés programados para la producción a 24 horas vista, se podría iniciar el proceso de aprovisionamiento de la zona de envasado de productos al disolvente por parte del equipo del almacén de envases. De todas formas, esto se dejará para el periodo de pruebas, ya que hacerlo antes introduce una carga de trabajo excesiva para los operarios.

Previamente al inicio del desarrollo informático se debía tener aprobado el presupuesto del proyecto por parte de Administración. Se pediría al propio Departamento de Informática que elaborara un presupuesto del *hardware* que se fijó como imprescindible para el arranque del proyecto. Desde el Departamento de Logística se haría lo propio con el presupuesto de acondicionamiento de los almacenes para el control por radiofrecuencia (cableado para red, etiquetas en las estanterías, etc.) Todo lo relativo al presupuesto se explica con más detalle en su capítulo correspondiente.

Una vez se dé el visto bueno al presupuesto por parte de Administración, Informática da prioridad alta a las tareas previstas para este proyecto. Se programa una semana de formación a los operarios del equipo del Almacén de Envases en paralelo con una serie de pruebas que se harán para comprobar que los movimientos y traspasos virtuales de almacén se realizan correctamente. Se recuerda que, si el día 1 no funciona bien la operativa de traspasos, no se podrán validar los consumos por parte de los operarios de Producción. Como la última semana de desarrollo informático ya estarán hechas buena parte de las tareas a realizar, se estima que las pruebas podrán iniciarse una semana antes.

Con esta programación se llega a la conclusión de que el día 0 sería el 17-18 de junio (viernes y/o sábado, dependiendo del tiempo empleado en el inventario de las zonas de consumo) y que el día 1 sería el lunes 20. De todas formas, el proyecto estuvo parado durante unas semanas por cuestiones presupuestarias, así que el arranque se retrasa hasta finales del mes de julio, en concreto a los días 22-23 (día 0) y 25 (día 1).

Como ya se ha comentado en el capítulo de antecedentes, el almacén de la fábrica de productos en polvo y tintes se considera una zona de consumo. Por esta razón, como los artículos de esta fábrica no se usan en las demás, se elabora un listado con todas las referencias que se usan en dicha fábrica para no tener que contarlos todo el día del arranque. De esta forma, se traspasarán esas referencias del almacén 74 a la zona CPT del almacén 70.

Se estima en 3 minutos el tiempo medio de inventariado de una ubicación. De hecho, el proceso puede ser muy rápido pero en muchas ocasiones habrá que contar manualmente los envases o las tapas, buscar el código correspondiente en el envase si el palé no tiene pegatina, etc. En total se estima un tiempo de entre 6 y 8 semanas para el proceso de inventariado de todo el almacén de envases, por lo que es la tarea más larga y costosa del proyecto.

A continuación se expone el orden de zonas que se va a seguir para el proceso de inventariado, desglosando además el tiempo empleado en cada una de ellas teniendo en cuenta que una persona se va a dedicar a ello en exclusiva:

1. Zona **NET** del almacén 79: la nave que alberga esta zona se comparte con el almacén de producto acabado. Por esta razón, aunque hay en total 5817 ubicaciones, 3261 corresponden actualmente al almacén de envases (varían en función de la necesidad). A partir de ahí se estima que se pierden alrededor de un 15% de las ubicaciones porque las estanterías están hechas para 3 palés de ancho europeo (0,8 m) por larguero, y si se ponen 2 palés de ancho americano (1 m) se pierde una de las ubicaciones, problema que se explicará en el siguiente apartado.

Por tanto, se estima que hay ocupadas unas 2700 ubicaciones:

$$3 \text{ min/ubicación} \times 2700 \times 60 \text{ min/h} = 135 \text{ h (4 semanas)}$$

2. Zona **CAG** del almacén 79: en esta zona se encuentran los productos de más rotación de la fábrica de productos al agua, con más volumen de producción que la de productos al disolvente. Entre estanterías y suelo, en esta zona hay 1285 ubicaciones, de las cuales se estima que hay ocupadas unas 1200:

$$3 \text{ min/ubicación} \times 1200 \text{ ubicaciones} \times 60 \text{ min/h} = 60 \text{ h (8 días)}$$

3. Zona **CDI** del almacén 79: en esta zona están la mayoría de productos de alta rotación de la fábrica de productos al disolvente. Entre estanterías (tapas) y suelo (envases) hay 264 ubicaciones, de las cuales se estima que hay ocupadas unas 250:

$$3 \text{ min/ubicación} \times 250 \text{ ubicaciones} \times 60 \text{ min/h} = 12,5 \text{ h (2 días)}$$

4. Zona **DET** del almacén 79: los palés que hay en esta zona son de envases de productos al agua de 750 ml. La mayoría son de rotación no muy alta, por lo que irá después de las zonas anteriormente mencionadas. Como son pocas ubicaciones (44, de las cuales hay unas 40 ocupadas), se puede hacer en poco tiempo antes de abordar la zona NET:

$$3 \text{ min/ubicación} \times 40 \text{ ubicaciones} \times 60 \text{ min/h} = 2 \text{ h (1 día)}$$

5. Zona **FDI** del almacén 79: se toma como última del almacén 79 porque no tendrá cobertura de conexión inalámbrica para el control por radiofrecuencia y en ella se encuentran referencias de baja rotación, además de un alto porcentaje de artículos obsoletos. En estanterías hay 471 ubicaciones, de las cuales se estima que hay ocupadas unas 420.

Se añaden 2 minutos de media, que es el tiempo que se estima para hacer el traspaso manualmente en AS/400:

$$5 \text{ min/ubicación} \times 420 \text{ ubicaciones} \times 60 \text{ min/h} = 35 \text{ h (1 semana)}$$

Una vez acabado el inventariado de todas estas zonas se puede dar por finalizada la ejecución del proyecto. A medida que el proceso de inventariado vaya avanzando se podrán ir viendo los resultados de la nueva operativa y la mejora del proceso de aprovisionamiento de envases.

3.2.2. Propuestas adicionales en paralelo al desarrollo

Como se ha comentado anteriormente, ciertas tareas como la elaboración de una parte del presupuesto o el desarrollo informático no dependen del Departamento de Logística, por lo que se propusieron otras acciones para optimizar la gestión del almacén de envases y tapas durante el tiempo que duren esas tareas.

La primera de ellas fue la de contactar con los proveedores para cambiar el ancho de palé para unificar la unidad de carga. De los cinco proveedores de envases y tapas, dos de ellos (RPC-Superfos y Colep) sirven la mercancía en palés de ancho americano (1 x 1,2 x 1,35 m) mientras que los demás la sirven en palés de ancho europeo (0,8 x 1,2 x 1,35 m). El motivo de la solicitud de cambio es la longitud de los largueros de las estanterías del almacén, que miden 2,70 m. Por tanto, se pueden organizar de las siguientes maneras:

- 3 palés de ancho europeo

$$\text{Ancho ocupado: } 3 \times 0,8 = 2,4 \text{ m}$$

$$\text{Ancho no ocupado: } 2,7 - 2,4 = 0,3 \text{ m} \rightarrow 2 \text{ márgenes de seguridad de } 15 \text{ cm (óptimo)}$$

- 2 de ancho europeo y 1 de ancho americano

$$\text{Ancho ocupado: } 2 \times 0,8 + 1 = 2,6 \text{ m}$$

$$\text{Ancho no ocupado: } 2,7 - 2,6 = 0,1 \text{ m} \rightarrow 2 \text{ márgenes de seguridad de } 5 \text{ cm (ajustado)}$$

- 2 de ancho americano

$$\text{Ancho ocupado: } 2 \times 1 = 2 \text{ m}$$

$$\text{Ancho no ocupado: } 2,7 - 2 = 0,7 \text{ m}$$

Si se restan 0,3 m por seguridad, se tiene que el espacio desaprovechado es:

$$(0,7 - 0,3) / (2,7 - 0,3) = 16,67 \%$$

Actualmente, un alto porcentaje de los largueros de las estanterías (se estima que alrededor de un 40-50% de todos ellos) están ocupados por 2 palés americanos, por lo que se está perdiendo alrededor de un 8% de espacio neto en estanterías. Este porcentaje se ve reducido si se tiene en cuenta que hay muchos palés apilados en zonas de suelo, pero no por ello se debe despreciar.

No solo es un problema por el espacio desaprovechado, sino por el hecho de que introduce una nueva variable en la gestión automática de los huecos de las estanterías. Si no se tiene esto en cuenta, el sistema podría asignar un palé a una ubicación y que su espacio esté ocupado, por ejemplo, por dos palés de ancho americano.

Existe un problema similar con la altura de los palés de ciertos artículos, como los de los envases metálicos de gran tamaño o los de las botellas y garrafas para aguarrás, que miden más de 2 metros y no caben en los huecos de las estanterías, que son de 1,60 m. En este caso no supone un problema de aprovechamiento de espacio, ya que se ubican en las alturas más altas (en las que no hay límite hasta el techo) o bien apilados en el suelo. De este modo, durante el desarrollo se harían excepciones para estas referencias, que solo podrían destinarse a un reducido número de ubicaciones. Como no es un problema difícil de subsanar por parte de Informática y tampoco es un problema a nivel operativo, se decidió que no se contactaría con los proveedores para reducir la altura de los palés, ya que supondría un sobrecoste innecesario.

Por otra parte, el proveedor principal de envases de plástico, RPC-Superfos, sirve los palés con la mercancía cubierta por una bolsa de color negro. Esto se pidió a dicho proveedor hace unos años, cuando todavía no se había construido la nave de gran tamaño en la que se almacenan tanto envases como producto acabado (zona NET en AS/400) y faltaba espacio en la fábrica, por lo que se dejaban palés en el exterior. El efecto del sol dañaba los envases: se descoloría la serigrafía, algunos se volvían más frágiles... y por ello se pidió envolverlos en un plástico oscuro.

Hoy en día esto ya no tiene sentido ya que la mercancía no suele pasar más de 48 horas a la intemperie. Además, con cierta frecuencia se generan problemas con la identificación de la mercancía porque, como los operarios deben romper el plástico para ver qué tipo de envase es, muchas veces confían en que es el que ellos esperan y se descargan envases que no corresponden o simplemente se etiquetan mal, con las consecuencias que ello comporta a la hora de encontrar un palé concreto entre cientos, todos envueltos de plástico negro. Con el objetivo de solucionar estos problemas en un futuro, se pedirá a RPC-Superfos el cambio a retractilado transparente estándar.

Por último, se pretende que el etiquetado de los palés se haga por parte de los proveedores. Se ha expuesto el procedimiento de recepción de mercancía en la introducción y cómo los operarios imprimen unas etiquetas con información útil para la identificación de cada palé. Se ha de remarcar que, además de dichas etiquetas, los cinco proveedores en la actualidad traen algún tipo de etiqueta, pero nunca se ha contactado con ellos para que lleven una información concreta.

El código de barras que llevan las etiquetas que se imprimen en la fábrica contiene la información del código interno, vinculado a una referencia. En la base de datos de la compañía consta el código EAN 13 del proveedor, también vinculado a cada referencia.

Por tanto, se consultó al Departamento de Informática si se podría llevar a cabo el control por radiofrecuencia con el código de barras EAN 13 del proveedor y de esta forma no sería necesario imprimir etiquetas en el momento de la recepción. Según el Director de Informática no habría ningún problema, ya que en caso de no encontrar el código del proveedor se buscaría el interno.

En consecuencia se propondrá a los cinco principales proveedores el doble etiquetado, es decir, una etiqueta en el lado más largo y otra en el más corto (ahora solo se pone a uno de los dos, depende del proveedor) con la siguiente información:

- Código interno Montó
- Descripción interna Montó
- Unidades
- Código de barras EAN 13 del proveedor

Todas las tareas de contacto con proveedores en este apartado se introducirán en el Diagrama de Gantt una vez se reciba la respuesta del proveedor y se tome una decisión al respecto por parte del Director de Logística y de Gerencia de Operaciones.

3.2.3. Diagrama de Gantt

#	Tareas	Duración	Inicio	Fin	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1	Definición del plan de proyecto	1 semana	11-abr	15-abr																						
2	Descripción detallada de la operativa	2 semanas	18-abr	29-abr																						
3	Reuniones con otros departamentos	2 semanas	25-abr	06-may																						
4	Habilitar espacio para la zona CDI	2 semanas	09-may	20-may																						
5	Presupuesto y aprobación del proyecto	7 semanas	09-may	24-jun																						
6	Traspaso obsoletos a zona FDI	2 semanas	23-may	03-jun																						
7	Desarrollo Informático	8 semanas	23-may	15-jul																						
8	Nuevo hardware e infraestructura red	4 semanas	27-jun	22-jul																						
9	Imprimir y recortar etiquetas RFID	1 semana	18-jul	22-jul																						
10	Pruebas sistema y formación operarios	1 semana	18-jul	22-jul																						
11	Conseguir listado de códigos CPT	1 semana	18-jul	22-jul																						
12	Traspaso del stock del almacén 70 al 74	1 día	22-jul	22-jul																						
13	Traspasar listado de códigos CPT del 74 al 70 CPT	1 día	22-jul	22-jul																						
14	Inventario zonas consumo (almacén 70 CDI y CAG)	1 día	22-jul	22-jul																						
15	Recepción a 79 MUE y traspasos a 79 (zonas stock)	Continuo	25-jul																							
16	Aprovisionamiento diario a zonas de consumo	Continuo	25-jul																							
17	Retornos desde zonas de consumo al almacén 79	Continuo	25-jul																							
19	Invent./Etiq. zona NET (3 min por posición)	4 semanas	25-jul	19-ago																						
20	Invent./Etiq. zona EAG	8 días	22-ago	31-ago																						
21	Invent./Etiq. zona EDI	2 días	01-sep	02-sep																						
22	Invent./Etiq. zona DET	2 h	02-sep	02-sep																						
23	Inventario zona FDI	1 semana	05-sep	09-sep																						

Figura 22. Diagrama de Gantt del proyecto

Nota: vacaciones las semanas 27 y 28

3.3. Desarrollo informático

La parte del proyecto relativa al Departamento de Informática quizá sea la más importante del proyecto en tanto que este se sustenta sobre el sistema de gestión de almacenes que se usa actualmente en otras áreas de la compañía. Como las operativas son distintas a las que se siguen, por ejemplo, en el almacén de producto acabado (ya expuestas en el apartado 1.5), no será posible usar los mismos programas para llevar a cabo los trasposos necesarios para la ejecución de este proyecto.

Por ello, se propone el desarrollo de seis programas distintos en AS/400, que corresponden a las siguientes operativas:

- Aprovisionamiento a zonas de consumo del almacén 70 desde el 74 (provisional)
- Inventario o trasposo del almacén 74 al 79 (provisional)
- Recepción de mercancía por palés en la zona 79 MUE
- Almacenamiento en zonas de *stock* desde la zona 79 MUE
- Aprovisionamiento a zonas de consumo del almacén 70 desde el 79
- Retorno de sobrantes de producción al almacén 79 desde el 70

En este apartado se describen con detalle las pautas señaladas al director del departamento para el diseño del proceso de introducción de datos en el sistema y para el desarrollo de los programas. También se explican problemas que surgieron a la hora del desarrollo y que obligaron a cambiar ligeramente la solución planteada como ideal.

Aprovisionamiento a zonas de consumo del almacén 70 desde el 74 (provisional)

Esta operativa consiste en el abastecimiento de cualquiera de las zonas de consumo desde el almacén 74. Se recuerda que, previamente al arranque del sistema de control por radiofrecuencia, se transferiría todos el *stock* de envases de la zona 70 EN al almacén 74 y que, por tanto, en el 74 se encontrarían virtualmente todas las referencias que no hayan sido inventariadas.

Durante el periodo de desarrollo se estimó conveniente separar los programas para el abastecimiento de las zonas de consumo de productos al agua y al disolvente (CAG y CPT) en dos idénticos excepto por la zona de destino. De este modo se añade un filtro para posibles errores en la introducción manual de los datos si no se dispone de código de barras. De todas formas, por no repetir la misma información, se considerarán ambos como uno solo en este trabajo.

La zona de consumo de la fábrica de productos en polvo y tintes (70 CPT) será considerada como una zona de *stock* ya que no existe un movimiento físico de aprovisionamiento por parte de los operarios del almacén de envases. Por tanto, no dispondrá de un programa con ese fin.

Este programa también sirve para el inventariado de las zonas de consumo previsto para lo que se ha llamado “día 0” en el capítulo 3. Al fin y al cabo, ese inventario consiste en un trasposo del almacén 74 a la zona correspondiente del 70.

Como se fija como almacén de origen el 74 y este es un almacén provisional mientras dure la ejecución del proyecto, una vez acabado el inventario del almacén 79 este programa perderá su utilidad y se eliminará del menú principal.

En el siguiente esquema se resume el procedimiento a nivel de sistema que requiere el programa a desarrollar:

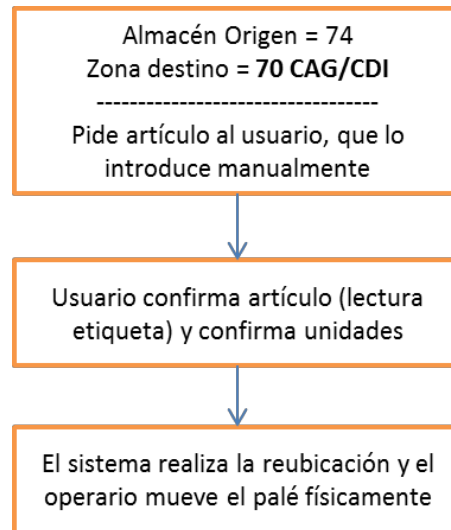


Figura 23. Esquema del programa para abastecimiento del almacén 70 desde el 74

El operario encargado del aprovisionamiento, siguiendo la hoja de planificación, busca el palé del producto correspondiente y lo introduce en el programa. Para confirmar que se trata del artículo indicado, el sistema le pide el EAN 13 de la referencia, que es introducido leyendo su código de barras. Si el palé no tiene etiqueta con código de barras, el campo admite una segunda introducción del código interno Montó de la referencia para no causar retrasos en el ritmo de producción. Una vez confirmado, el sistema pide el número de unidades a traspasar.

Con esta información, el SGA ya puede mover las unidades del almacén 74 a la zona de consumo correspondiente del 70. Es el programa más sencillo ya que ni el almacén 74 ni el 70 disponen de ubicaciones físicas.

Cabe tener en cuenta que, tanto para esta operativa como en la siguiente, es posible que aparezcan *stocks* negativos en el almacén 74. El SGA en principio no permite tener *stocks* negativos, así que dará error y los operarios deberán notificarlo al departamento en caso de que esto ocurra para realizar la regularización pertinente.

Inventario o traspaso del almacén 74 al 79 (provisional)

Como ya se ha comentado, el trabajo más costoso del proyecto es el de inventariar todas las zonas del almacén de envases y tapas por la gran cantidad de ubicaciones ocupadas. Por tanto, se necesita un programa que permita hacer esta tarea lo más rápidamente posible sin perder fiabilidad.

En resumen, la operativa consiste a nivel del SGA en un traspaso del almacén 74 a cualquiera de las zonas de *stock* del almacén 79, a saber: NET, DET, FDI, CAG o CDI o bien la zona de la fábrica de productos en polvo y tintes, la 70 CPT.

El mapa de ubicaciones del almacén 79 se debe dar de alta siguiendo las directrices marcadas para las diferentes zonas en el apartado 1.4. De este modo, se introduce el control por ubicaciones en el SGA del almacén de envases. Cada ubicación física debe tener una etiqueta RFID con un código de barras EAN 13 asociado a ella, así como información básica para su identificación.



1. Zona
2. Pasillo
3. Columna
4. Altura

Figura 24. Etiqueta RFID de las ubicaciones en estanterías

Si se dispone de la etiqueta, el operario solo tiene que colocarla en su sitio y leer la etiqueta con el lector de códigos de barras para que el sistema tenga toda la información sobre ella (almacén, zona, pasillo, columna, y altura). Para el caso de la fábrica de productos en polvo y tintes, el operario debe introducir el almacén y la zona manualmente y el sistema asignará una ubicación aleatoria, ya que no hay ubicaciones en estanterías.

Una vez que el sistema conoce la ubicación, el programa pide el código del artículo. Este se puede introducir leyendo su código de barras o, en su defecto, escribiendo manualmente el código interno Montó de la referencia. En principio solo quedaría introducir el número de unidades contabilizadas, pero este proceso se puede agilizar si se conoce el dato de unidades por palé completo.

En el apartado 2, en el análisis de la situación del *stock* se llevó a cabo una estimación de las unidades que caben en un palé completo para cada referencia con el fin de calcular aproximadamente el espacio ocupado en el almacén. Para el caso del inventario, así como para la recepción y almacenamiento como se verá más adelante, puede resultar muy útil disponer de ese dato para no introducir el mismo dato una y otra vez para palés completos de la misma referencia. Por ejemplo, si hay 15 palés completos de una referencia y cada uno contiene 228 envases, el operario tendrá que introducir ese número 15 veces: se trata de un tiempo que se puede ahorrar.

Por ese motivo y también porque es un dato interesante de cara a futuros análisis, se introduce en el Maestro una columna llamada UDS_PALE_COMPLETO, que contenga ese dato y que se vaya actualizando a medida que se avance en el inventario.

En un principio se planteó la posibilidad de utilizar los datos del análisis para subirlos directamente a la base de datos y que así no dependiera esta tarea de los operarios que realizan el conteo. Se descartó porque los datos eran una estimación a partir de los envases de los dos proveedores principales y probablemente más del 50% de las referencias no tuvieran el número exacto de unidades. Por tanto, se buscó una manera de introducir ese dato a medida que se realice el inventariado sin que le cueste demasiado al operario.

Se optó por hacer una pregunta de confirmación antes de realizar el traspaso solo en el caso de que el Maestro no disponga de ese dato, es decir, que la celda correspondiente a la columna UDS_PALÉ_COMPLETO para la referencia a inventariar esté vacía o sea igual a 0. Antes de validar el traspaso en el SGA, el programa muestra una ventana emergente preguntando si la cantidad introducida corresponde a un palé completo. Si lo es, el operario escribe "S" (sí), el programa guarda el dato introducido en el campo CANTIDAD en la columna UDS_PALE_COMPLETO. Si no lo es, escribe una "N" (no) y el programa no guarda este dato.

En caso de que ya se disponga de ese dato porque ya se haya registrado un palé de la misma referencia anteriormente, el sistema muestra por pantalla el dato y lo rellena automáticamente en el campo CANTIDAD. Si es necesario porque el palé a inventariar no es completo, el operario puede modificar el número en el campo CANTIDAD. En todo caso, el programa ya no vuelve a realizar la pregunta porque ya dispone del dato.

En el siguiente esquema se resume la operativa a seguir para el desarrollo informático:

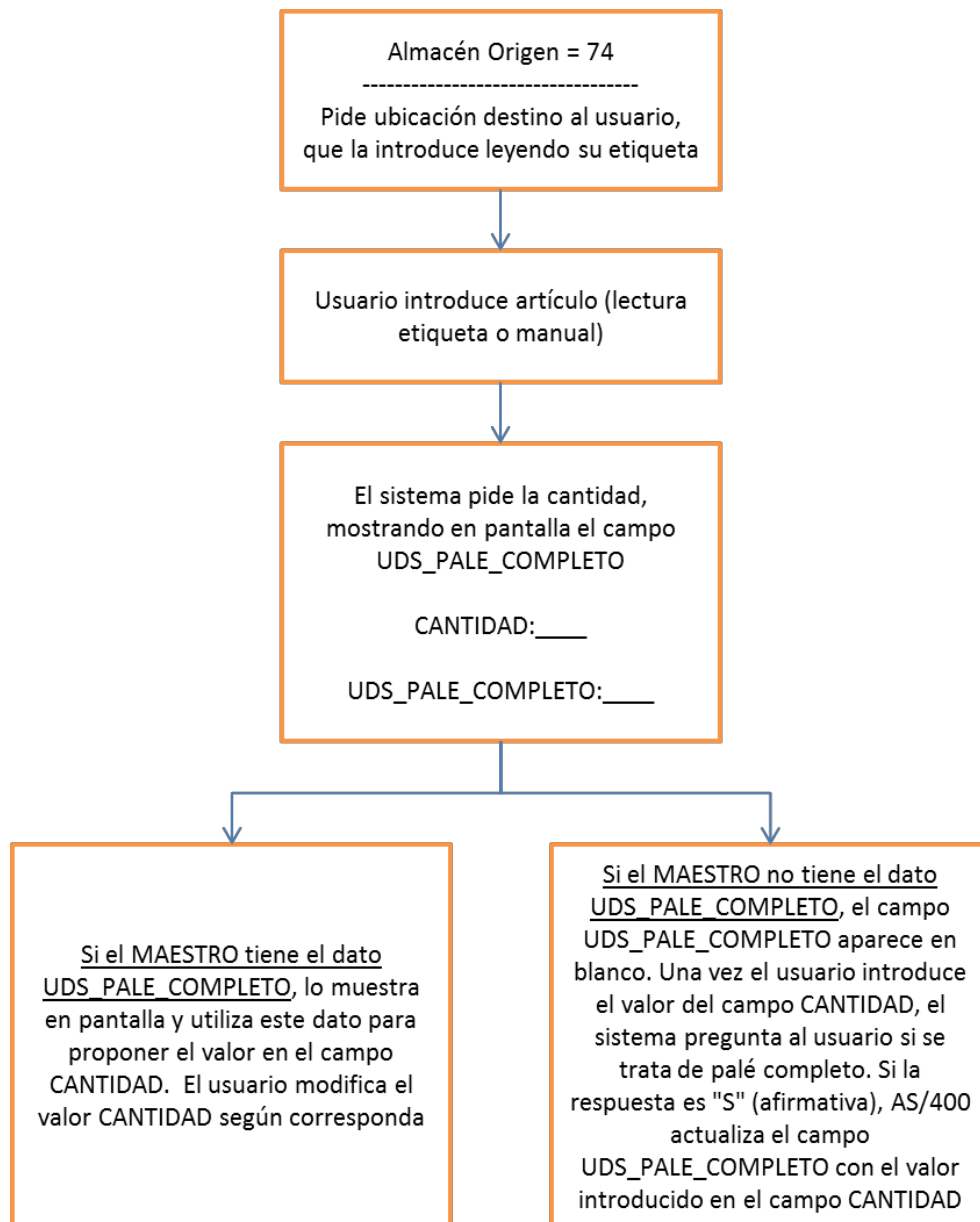


Figura 25. Esquema del programa para inventario o traspaso del 74 a zonas de stock

Recepción de mercancía por palés en la zona 79 MUE

Para el caso de la recepción de mercancía se planteó en principio desarrollar un programa adicional para que los operarios del almacén realizaran el alta de los nuevos palés de envases y tapas. Se recuerda que la recepción a día de hoy se hace en las oficinas del Departamento de Logística.

Como este programa no es estrictamente necesario para la introducción del sistema de control por radiofrecuencia, se optó por dejar planteada una operativa de funcionamiento del programa, utilizando el dato de unidades/palé completo para separar la mercancía por palés en ubicaciones ficticias desde el momento de la recepción con el fin de tener la mercancía paletizada en el SGA desde el momento de la recepción.

Una vez descargado el camión y recibido el albarán, el operario introduce el número del pedido en el programa. Si el albarán dispone de código de barras (varía según proveedor) se escanea; si no, se escribe manualmente. Entonces se muestra por pantalla una lista con las referencias que contiene dicho pedido para que el operario seleccione cuál va a dar de alta en el SGA.

En la pantalla de recepción de la referencia, se muestra el número de unidades a recibir y se pide el número de unidades recibidas. Si el Maestro no dispone del dato unidades/palé completo, el operario debe introducirlo en ese momento. A partir de ese número y del de unidades recibidas se crea una lista de palés. Por ejemplo, si se recibieran 1200 unidades de una referencia con 504 uds./palé completo, se generaría la siguiente lista:

1. 504
2. 504
3. 192

Se debe poder modificar las cantidades y añadir palés adicionales. Siguiendo este ejemplo, en la zona 79 MUE habría tres palés de esa referencia en ubicaciones diferentes. Esas ubicaciones son ficticias, ya que los palés estarían apilados en el suelo y no hay contenedores reales en esa zona física, pero a nivel del SGA la mercancía ya está paletizada. Además, si el proveedor todavía no envía los palés con las etiquetas requeridas, conocer el número de palés recibidos permite imprimir la cantidad de etiquetas necesarias en ese momento para su identificación.

Como se verá más adelante, el hecho de separar la carga en palés a nivel de sistema puede facilitar la tarea de almacenamiento en las zonas de *stock*. De todas formas, el desarrollo de este programa queda aplazado y la recepción de la mercancía se seguirá haciendo como hasta ahora durante la implantación de este proyecto.

La única tarea estrictamente necesaria encomendada al Departamento de Informática con respecto a la recepción de la mercancía es el cambio de zona predeterminada de recepción. Según el procedimiento actual, cada referencia está asociada a una zona para que el encargado no tenga que indicar el almacén y la zona cada vez que recibe mercancía. De este modo, las materias primas están asociadas a la zona 70 MP y los envases y tapas, al 70 EN. Por tanto, es necesario el cambio de zona predeterminada de recepción de la 70 EN a la 79 MUE para todas las referencias de envases y tapas.

Almacenamiento en zonas de stock desde la zona 79 MUE

Esta operativa consiste en el traspaso de la zona 79 MUE a cualquiera de las zonas de los almacenes 79 o 70. Para indicar el artículo a mover, se lee el código de barras del artículo. También se admite la introducción manual del código interno por si acaso, aunque como son artículos recientemente recibidos la gran mayoría llevan código de barras.

Si la mercancía ya está paletizada según el programa anterior (es decir, hay varias ubicaciones ocupadas por una misma referencia), al operario le aparecen los diferentes palés de la referencia indicada para que pueda elegir la cantidad. De todas formas, como la recepción de mercancía no se va a hacer de momento con ese programa, el desarrollo de esta parte se puede dejar para más adelante.

En caso contrario, en la pantalla estándar de almacenamiento aparecerá en el campo referente a las unidades el menor de estos dos valores: el dato unidades/palé completo (si está registrado en el Maestro) o las existencias de la referencia en la zona 79 MUE. Esa cifra se puede modificar si el operario ve que no coincide con las unidades reales. De esta forma se van restando a la cantidad de *stock* en la zona 79 MUE.

Una vez introducido el número de unidades a traspasar, el operario debe introducir la ubicación destino. En un principio se planteó la introducción de mercancía a las zonas de *stock* mediante asignación automática de ubicaciones libres. De este modo se cambiaría el modelo de gestión del almacén de ordenado a caótico.

En el momento de la implantación del proyecto no se ha conseguido la estandarización la unidad de carga por parte de los proveedores, es decir, siguen llegando tanto palés europeos como americanos de doble altura o americanos. El SGA tal como está configurado actualmente no permite la adición de restricciones por ancho de palé según la longitud de los largueros, y si se modifica para hacerlo se añadiría una carga de trabajo adicional al Departamento de Informática que retrasaría demasiado la implantación del proyecto. Por tanto, se desestimó la transición a un modelo de almacén caótico y se seguirá con el modelo actual a la hora de buscar manualmente las ubicaciones libres.

Siguiendo con la operativa de almacenamiento, como al principio las ubicaciones no disponen de etiquetas identificativas RFID, los operarios deben pegar la etiqueta en su ubicación correspondiente al mismo tiempo que colocan el palé en la ubicación para poder leer su código de barras e introducirla en el sistema. Para ello, se colocará a la entrada de cada nave unas cajas con las etiquetas clasificadas por pasillos, columnas y alturas para que su búsqueda no cueste demasiado tiempo a los operarios durante el tiempo que dure la ejecución del proyecto.

Por tanto, la introducción de la ubicación destino se hace de la misma manera que en el programa del inventario: leyendo el código de barras de la etiqueta RFID de la ubicación para las zonas con ubicaciones reales o introduciendo el número de almacén y la zona para las zonas de ubicación ficticia.

También, como en el caso del inventario, antes de validar la operación de traspaso el programa muestra una ventana emergente para preguntar al operario si el palé almacenado es completo o no. Si responde afirmativamente, el sistema guarda el dato de unidades introducido para futuras operaciones.

A continuación se puede ver el esquema de la operativa de almacenamiento presentada para ser desarrollada por el Departamento de Informática.

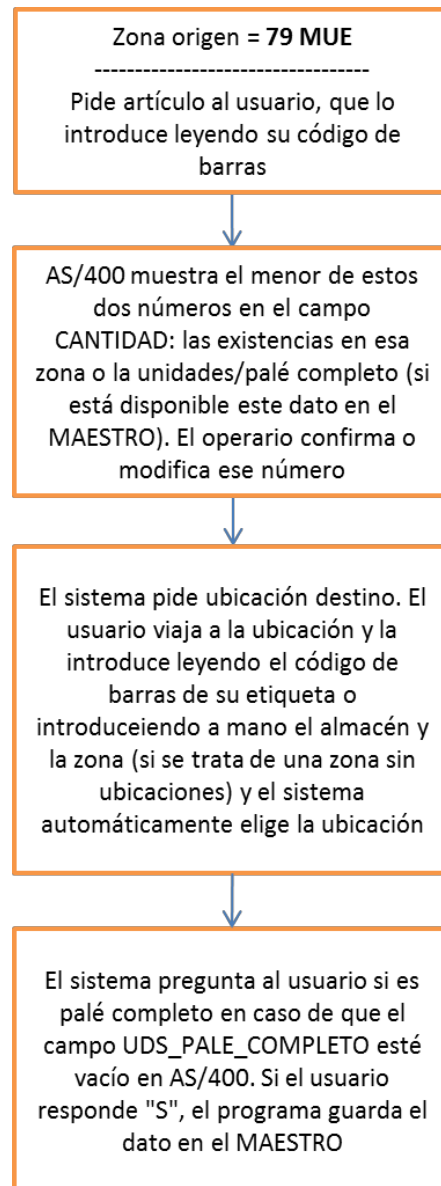


Figura 26. Esquema del programa para el almacenamiento en zonas de *stock*

Por último, se pide añadir en este programa la opción de consultar el *stock* en la zona 79 MUE. De este modo, los operarios pueden comprobar, una vez hayan acabado de ubicar la mercancía descargada en las estanterías, que la zona MUE no contiene existencias en el SGA. La ausencia de existencias en esta zona asegura un correcto control de las entradas al almacén de envases.

En caso de que haya *stock* en dicha zona cuando la playa anexa a los muelles está vacía, el operario debe notificarlo al departamento, que rectificará la cantidad recibida para reclamar la restante al proveedor.

Aprovisionamiento a zonas de consumo del almacén 70 desde el 79

Como se ha comentado en anteriores apartados, una vez implantado el sistema descrito en este trabajo, los operarios de producción solo podrán validar las órdenes de envasado en el caso de que se encuentren suficientes existencias en el almacén 70 en el SGA. Por este motivo, es necesario establecer un programa para los correspondientes trasposos de las zonas de *stock* a las zonas de consumo a la hora de servir los envases previstos en la planificación.

Este programa es similar al primero que se ha descrito (aprovisionamiento desde el almacén 74) pero gracias a la información de las ubicaciones de las diferentes zonas del almacén 79 se puede elaborar un sistema de asignación automática de ubicación a la hora de extraer palés de la misma forma que se hace para los *pickings* en el almacén de producto acabado.

De este modo, el operario debe introducir en el programa el código interno de una referencia que aparezca en la hoja de planificación y el propio sistema le indicará una ubicación donde se almacenen unidades de esa referencia.

La asignación se realizará según el sistema FIFO aplicando restricciones según la zona a la que se vaya a abastecer. Se ha elaborado una matriz de preferencia para las zonas de abastecimiento según criterios de proximidad a las zonas de consumo de productos al agua y al disolvente:

Almacén Destino	Almacén Origen 79					
	CAG	EAG	DET	FDI	NET	EDI
CDI	EDI	NET	FDI	EAG	DET	MUE

Tabla 6. Matriz de preferencia de zonas de aprovisionamiento

De este modo, si la zona de consumo a la que se quiere llevar envases es, por ejemplo, la de productos al disolvente, la primera zona donde el sistema busca unidades de esa referencia es en la zona anexa a la de envasado de productos al disolvente. Luego busca en la zona NET porque es la nave más próxima y así sucesivamente.

Análogamente a la operativa de aprovisionamiento desde el almacén 79, se elaboran dos programas prácticamente idénticos excepto en la zona de destino. En este caso también son diferentes en el orden de preferencia de las zonas para aprovisionamiento, pero la razón principal sigue siendo la de evitar confusiones a la hora de hacer los movimientos.

Una vez asignada la ubicación de donde sacar el palé, el operario viaja a la misma y lee tanto el código de barras de la referencia como el de la ubicación, de la misma forma que se hace en el almacén de producto acabado, para confirmar que no hay ningún error en el traspaso a nivel de SGA.

En el campo CANTIDAD aparecen, como en el caso anterior, o bien las unidades por defecto que hay en dicha ubicación o las unidades por palé: el valor más bajo de los dos. De todas formas, en la gran mayoría de los casos no tendrán por qué modificar ese campo, así que supone un gran ahorro de tiempo no tener que contar las unidades a traspasar a las zonas de consumo.

Como en los casos anteriores, se presenta el esquema de la información necesaria a la hora de realizar el desarrollo informático:

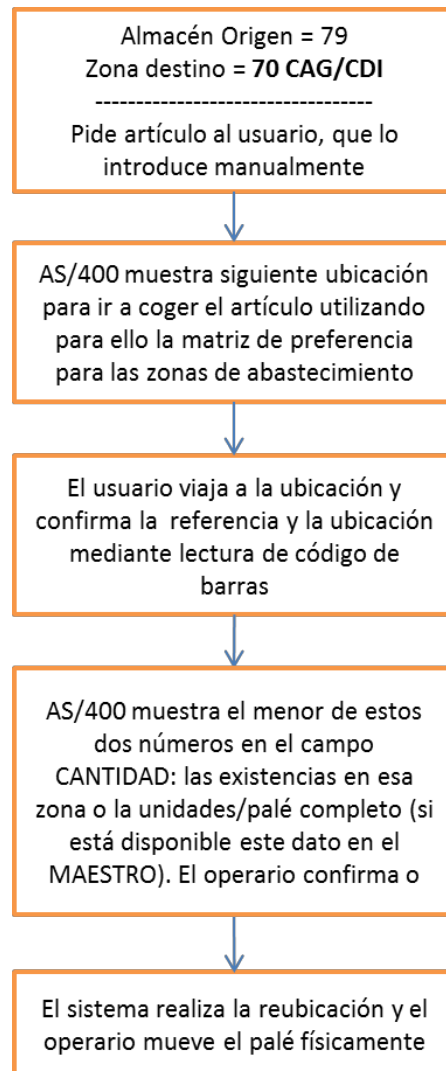


Figura 27. Esquema del programa para abastecimiento del almacén 70 desde el 79

Retorno de sobrantes de producción al almacén 79 desde el 70

El retorno de picos o sobrantes de producción consiste en la devolución de palés incompletos de la zona de consumo a las zonas de *stock*, ya que la cantidad de unidades producidas no suele coincidir con la cantidad de unidades en un palé completo o con múltiplos de la misma.

La operativa de retorno de sobrantes es muy similar a la de almacenamiento en las zonas de *stock* del almacén 79. En este caso, en lugar de traspasar entre zonas (de la zona MUE a las zonas de *stock*), se traspasa entre almacenes (del 70 al 79). El programa es prácticamente idéntico, salvo que obvia las cuestiones relativas a las unidades por palé completo.

Cabe remarcar que a nivel físico también es necesario colocar las etiquetas en las ubicaciones si no disponen de identificación para control por radiofrecuencia. De todas formas, como los operarios tienen la mayoría de palés con sobrantes en una zona concreta para que sean los primeros en salir, no supondría un gran problema mientras dure la implantación.

También, como en otros casos, se elaboran dos programas idénticos excepto por la zona de origen (agua o disolvente) para evitar posibles confusiones entre ambas zonas.

En el caso de la introducción de las unidades a traspasar, en el campo CANTIDAD aparecen las unidades de la referencia indicada por el operario que se encuentren en la zona de consumo correspondiente según el SGA.

Es fundamental que el operario cuente, al menos *grosso modo*, las unidades que va a devolver al almacén. De esta forma se controla que la validación de los consumos se ha hecho correctamente y que la variación entre los *stocks* reales y los registrados en el sistema sea mínima. Si el operario ve claramente que las unidades en el sistema no coinciden con las reales, lo notifica al departamento para que se realice la pertinente regularización del inventario.

Como se puede comprobar, el esquema del programa a realizar es muy simple y similar al de almacenamiento en las zonas de *stock*:

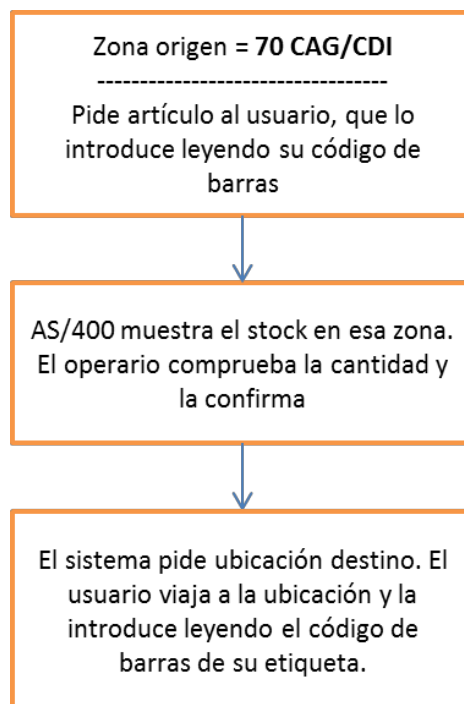


Figura 28. Esquema del programa para retorno de sobrantes de producción al almacén 79

4. RESULTADOS

4.1. Arranque del proyecto y primeras incidencias

En este apartado se explicará con detalle el proceso de arranque del proyecto de acuerdo con lo expuesto en el capítulo 3, más en concreto en el apartado de la planificación. Siguiendo la terminología usada, el día 0 estaba programado para el viernes 22 de julio. Finalmente, debido a un retraso en el envío de un componente de la instalación de red, el arranque tuvo lugar el miércoles 27 de julio, por lo que se forzó a empezar la implantación un día entre semana. Lo ideal hubiera sido que tuviese lugar un viernes para que, en caso de tener problemas técnicos, estos pudieran ser solucionados el sábado a fábrica parada. De todas formas, no hubo errores significativos de este tipo.

El día 27, una vez acabada la jornada laboral en Producción (a partir de las 17:30) se llevaron a cabo las siguientes tareas:

1. Traspaso del *stock* de envases y tapas del almacén 70 al 74.
2. Cambio del almacén predeterminado de recepción de envases y tapas del 70 al 79 para los pedidos existentes y los futuros.
3. Inventario físico de los artículos de las zonas de consumo de las fábricas de productos al agua y al disolvente.
4. Traspaso, referencia a referencia, de dichos artículos del almacén 74 al 70 mediante el nuevo *software* (zona CAG para la fábrica de productos al agua o CDI para la de productos al disolvente).
5. Traspaso de los artículos de la fábrica de productos en polvo y tintes del almacén 74 a la zona CPT del almacén 70.

El día siguiente a primera hora, los palés que se trasladaban del almacén a la zona de consumo ya se reflejaban en el SGA, ya que los operarios hacían los movimientos con el nuevo *software* mediante el uso de los terminales y los lectores de código de barras. De todas formas, hubo problemas a la hora de cerrar ciertas órdenes de fabricación. Esto se debe a que, como en el inventario del día anterior hubo artículos cuyo código no se pudo identificar, las OF que contenían dichas referencias mostraban un error a la hora de validar los consumos, como estaba previsto al restringir el almacén de consumo de producción al 70.

Los errores en la validación de producción se alargaron durante varios días, hasta que se consiguió normalizar la situación en las zonas de consumo. Este tipo de problemas estaban previstos, pero la introducción de las nuevas operativas con los terminales también complicaron el trabajo de los operarios. Por tanto, hubo fallos a la hora de validar los trasposos, y se empleó mucho tiempo en revisar cuidadosamente caso por caso para discernir si se trataba de errores humanos, falta de identificación en el inventario o incluso algún problema a nivel informático.

Por otra parte, debido al elevado número de incidencias, el operario del almacén de producto acabado destinado al inventario o traspaso del almacén 74 al 79 sirvió como apoyo al equipo habitual del almacén de envases y se retrasó la tarea de inventariar la zona NET hasta el lunes siguiente. Esto tuvo como contrapartida que la planificación expuesta en el capítulo 3 se retrasó una semana, pero en ese momento se consideró que era lo más conveniente para el proyecto.

Las incidencias surgidas durante los primeros días de la implantación del sistema, previstas por otro lado debido a la restricción de *stock* disponible en el almacén 70, dejaron patente que el arranque se realizó de manera un tanto precipitada, sobre todo por la falta de un periodo de pruebas para la formación de los operarios y para hallar posibles fallos en la fase de desarrollo del sistema.

Con todo, el impacto de estos errores en la dinámica habitual de la fábrica fue mínimo, y se fueron solucionando a medida que iban apareciendo. Cabe remarcar que, dejando de lado los errores humanos una vez pasados los primeros días y resueltos los errores de identificación del inventario de las zonas de consumo del día 0, la mayoría de ellos se reducían a asuntos relativos a la integración del nuevo sistema de gestión del almacén de envases en el ERP de Pinturas Montó.

En concreto, hubo un aspecto clave que dificultó la integración del nuevo sistema en el ERP: la asignación de recursos consumibles (envases, tapas y materias primas) a órdenes de fabricación programadas a corto plazo en el ERP distorsionaba la cantidad de existencias disponibles para ser consumidas.

En este ejemplo se puede entender el concepto con mayor claridad: el responsable de planificación crea una OF en la que establece que se va a envasar un producto el martes y el viernes. El lunes, siguiendo la operativa de aprovisionamiento, los operarios trasladan (tanto físicamente como en el sistema) los envases y las tapas correspondientes a dicho producto. Cuando se empieza a fabricar el semielaborado, los operarios de producción dejan constancia de ello en el sistema, es decir, abren la orden de fabricación en el ERP. En ese momento se asignan automáticamente los recursos consumibles (incluyendo los envases y las tapas) a dicha OF. Si el mismo martes sobra una parte de un palé y los operarios del almacén de envases la trasladan al almacén 79 según establece la operativa diseñada, el propio SGA no dejará realizar dicho traspaso porque la mercancía está asignada a la parte de la OF que se va a envasar el viernes. En consecuencia, los recursos dejan de estar disponibles para ser traspasados entre almacenes.

Por otro lado, si hay muchas órdenes de envasado en proceso, las referencias con mayor rotación y/o que se usan para distintos productos siempre tendrán un elevado número de unidades asignadas, por lo que si se introducen nuevas OF puede que todo el *stock* disponible en el almacén 70 ya esté asignado, por lo que el ERP mostraría un error a la hora de validar los consumos ya que no habría mercancía disponible.

Este tipo de problemas fueron comunes durante las primeras semanas, y se tuvo que elaborar una alternativa a nivel informático porque el procedimiento habitual de asignación de recursos a OF correspondía más bien a una reserva de *stock* que a una asignación física de los consumibles. En concreto, se añadió una función de **reserva de consumibles** a la hora de crear una orden de fabricación en el ERP que permitiera dar información al responsable de planificación sobre si hay existencias de envases, tapas y materias primas suficientes para llevar a cabo la fabricación de dicho producto.

De todas formas, la implantación de esta operativa fue lenta y no exenta de errores por el hecho de que hubiera *stocks* de envases y tapas en hasta tres almacenes distintos (70, 74 y 79), cosa que dificultaba el desarrollo de esta herramienta, pero finalmente se llevó a cabo y se integró en el ERP para que la gestión del sistema de control por radiofrecuencia del almacén de envases funcionara como se había diseñado.

Afortunadamente, el resto de problemas se fueron solucionando y durante los primeros días se logró el objetivo de abastecer a los envasadores sin ralentizar el ritmo habitual de producción pese a la introducción del nuevo sistema. Esto supuso que la implantación del sistema de control por radiofrecuencia era viable a todos los niveles y que no iba a tener un impacto negativo sobre la producción más allá de la complejidad de la gestión del almacén de envases, al menos durante las primeras semanas.

4.2. Integración del sistema en la operativa diaria

En el apartado del desarrollo informático, perteneciente al capítulo anterior, se explicaba con detalle la información que requerían los diferentes programas para realizar los trasposos entre almacenes en la base de datos. En otras palabras, el diseño de los diferentes programas. En este se explicará cómo fueron desarrollados en realidad, es decir, las diferencias entre lo que se propuso al Departamento de Informática y lo que finalmente se llevó a cabo, así como su integración en la dinámica habitual de los operarios del almacén. El *software* fue desarrollado con el entorno de desarrollo integrado Visual Studio de Microsoft.

Los programas, uno para cada tipo de traspaso, aparecen listados en el menú principal de la aplicación. A partir de ahí, el operario debe pulsar la opción deseada ya que los terminales disponen de pantalla táctil. Se muestran las siguientes opciones, agrupadas según la zona de destino:

- Almacén 74 → Zona de consumo
 - Almacén 79 → Zona de consumo
 - Zona Muelle → Zona de consumo
- } Aprovisionamiento
- Zona de consumo → Almacén 79 (Retorno de sobrantes de producción)
 - Zona Muelle → Almacén 79 (Almacenamiento de compras)
-
- Traspaso inicial almacén 79 (Inventario, movimiento del 74 al 79)
 - Consulta de existencias

A continuación se muestra una captura de pantalla de uno de ellos como ejemplo, en este caso el de aprovisionamiento desde el almacén 79 porque es el que más datos pide al usuario:

The screenshot shows a software window titled "Traspaso entre Almacenes". At the top, there are four icons: a door with an arrow, a pencil, a magnifying glass, and a checkmark. The window is divided into two main sections: "SALIDA" and "ENTRADA".

SALIDA:

- Almacén: 79 ALMACEN DE ENVASES
- Ubicación: [Empty text box] [Empty text box]

ENTRADA:

- Almacén: 70 MARINES MATER. PRIMA Y ENVASES
- Ubicación: [Empty text box] [Empty text box]
- Tipo zona: [Dropdown menu]

Below the sections, there are several input fields:

- Envase: [Empty text box]
- Lote: 0
- Unidades: [Empty text box]
- Unidades palets completos: [Empty text box]

At the bottom right, there is a keyboard icon.

Figura 29. Pantalla del programa Almacén 79 → Zona de consumo

Como se puede comprobar, en primer lugar pide el código de barras EAN 13 de la ubicación al usuario, que lo introduce mediante la pistola lectora. El proceso de búsqueda automática de ubicaciones con prioridades de zonas de aprovisionamiento y criterio FIFO finalmente no se introduce, por lo que queda planteado para futuras revisiones del sistema del almacén de envases.

A continuación el programa pide el tipo de zona de consumo (solo para aprovisionamiento), que puede ser: agua (CAG), disolvente (CDI) o polvo y tintes (CPT). A la hora de consumir el sistema no discrimina por zonas, así que separar el almacén 70 en zonas de consumo distintas solamente es útil para estrechar el cerco si se están buscando existencias de una referencia determinada. De todas formas, es obligatorio que el operario indique a qué zona de consumo dirige la mercancía.

El código del artículo se puede introducir leyendo su código de barras EAN 13 o, en caso de que se haya extraviado su etiqueta, escribiendo manualmente su código Montó, un código alfanumérico de 6 cifras que identifica internamente a la mercancía.

Acto seguido, con la información de la ubicación y de la referencia, el sistema recupera automáticamente el número de unidades disponibles de esa referencia en dicha ubicación y lo muestra en pantalla, pudiendo ser modificado en caso de que la cifra no sea correcta. Por último, aparece el campo "Unidades palets completos", en el cual los operarios pueden introducir ese dato para facilitar la tarea de inventariado, tal y como se ha argumentado en el apartado de metodología. No es obligatorio introducirlo si no se conoce, pudiendo pulsar el botón de validación (el botón de arriba a la derecha se pone de color verde) cuando el sistema dispone de la información mínima necesaria para efectuar el traspaso.

Los programas desarrollados son muy similares entre sí, razón por la cual solo se ha detallado uno de ellos. En todo caso, el orden seguido siempre es: ubicación (si procede, origen o destino), zona destino (si procede), referencia y, por último, las unidades. Todos ellos disponen de una opción de consulta de existencias –corresponde al botón con la lupa que aparece en la imagen– para que los operarios puedan tener controladas las existencias y, en caso de duda, comprobar que los traspasos se llevan a cabo correctamente. También se puede acceder a ella por el menú principal. En la siguiente captura de pantalla se puede ver un ejemplo de un envase cuyas existencias se encuentran repartidas virtualmente entre los tres almacenes (se recuerda que las ubicaciones de los almacenes 70, 74 y de la zona MUE del 79 son ficticias):

Producto	Color	Tamañ	Nombre	Alm	Zona	Pas	Num	Alt	StockReal	Stock Disponible
B02351			ENVASE PLASTICO UNO ZERO 4L.SUPERFOS	70	CAG	1	18	B	15	15
B02351			ENVASE PLASTICO UNO ZERO 4L.SUPERFOS	74	EN	1	58	D	3	0
B02351			ENVASE PLASTICO UNO ZERO 4L.SUPERFOS	79	EAG	2	7	A	1.033	1.033
B02351			ENVASE PLASTICO UNO ZERO 4L.SUPERFOS	79	EAG	2	7	B	960	960
B02351			ENVASE PLASTICO UNO ZERO 4L.SUPERFOS	79	MUE	1	5	D	2.880	2.880

Figura 30. Pantalla correspondiente a la consulta de existencias

La función de la consulta de existencias, así como la disponibilidad de terminales en las naves que almacenan envases, supone el avance más significativo respecto a cómo se gestionaba el almacén de envases previamente a la implantación de este proyecto. Se recuerda que, anteriormente, los operarios actualizaban una hoja de cálculo periódicamente, sin su correspondiente reflejo en el SGA, y que además debían desplazarse hasta su despacho para consultar las ubicaciones.

Aunque todavía no se ha inventariado todo el almacén 79 en el momento de presentar este trabajo, se estima que la reducción en el tiempo de preparación de los envases para la planificación de producción del día siguiente es de alrededor de un 15% (lo que antes costaba 3:30 horas de media, ahora cuesta 3 horas aproximadamente).

En cambio, donde se ha notado realmente una significativa mejora en productividad es en la inmediatez de los traspasos en el sistema: mientras que anteriormente los operarios debían apuntar las ubicaciones en papel para luego actualizar su hoja de cálculo en el ordenador, ahora se hacen en el instante del movimiento y mediante identificación por radiofrecuencia en el SGA, por lo que no solo ahorran ese tiempo (alrededor de 1 hora al día, dependiendo de la actividad), sino que también disminuye la probabilidad de error.

Pese a que las funciones explicadas en el apartado de metodología no fueron llevadas a cabo en su totalidad, la funcionalidad de los programas desarrollados por el Departamento de Informática fue más que suficiente para abordar la implantación.

Como finalmente no se estableció un periodo de pruebas y de formación para los operarios, la interfaz debía ser rápida e intuitiva. Sobre todo, el *software* cumplía el objetivo de ser fácil de usar en conjunción con la pantalla táctil y los lectores de código de barras. De todas formas, durante los primeros días, como es lógico, surgieron dudas por parte de los operarios acerca de la organización de los almacenes, que fueron disipándose por la adaptación de su dinámica de trabajo habitual al nuevo sistema y por el apoyo prestado por el autor de este trabajo.

4.3. Seguimiento del proceso de inventariado

4.3.1. Análisis de los primeros 15 días de implantación

En el apartado 4.1 se comentaba que el inventariado de las diferentes zonas de *stock* del almacén de envases, es decir, el traspaso del almacén provisional 74 al definitivo 79, se retrasó una semana para tener tres personas en el almacén de envases durante los primeros dos días.

La fase de inventariado del almacén 79 supone la fase más extensa del proyecto, ya que como se ha detallado en el capítulo 3, se estima una duración de al menos 6 semanas; es la última tarea del proyecto y es también aquella en la que se presupone la aparición de más errores debido a las diferencias entre el inventario real y el registrado en el SGA. Por estas razones se puede afirmar que el proceso de inventariado de las diferentes zonas del almacén de envases es la tarea que marca la duración global de la implantación del nuevo sistema.

La operativa diaria no permitió que una persona se dedicara a ello en exclusiva, ya que en repetidas ocasiones los operarios debían compartir la máquina trilateral en la zona NET para servir envases a la fábrica. Por este motivo, el operario encargado del proceso de inventariado tuvo que hacerse cargo de las zonas que no estuviesen ocupadas, así que no se hizo un inventario ordenado cronológicamente por zonas como se había previsto en el capítulo 3 sino que se iba avanzando en cada una de ellas a medida que iba siendo posible.

Este hecho, aunque supone una desviación importante del plan previsto, no supuso un problema en la ejecución del proyecto, ya que como se ha comentado más arriba, el objetivo de la implantación era que afectara lo mínimo posible a la fábrica, es decir: que el nuevo sistema no ralentizara el ritmo habitual de producción. Si en las zonas con más rotación el inventariado hubiera tenido prioridad respecto a la operativa de aprovisionamiento, este objetivo no se habría conseguido.

El proceso de inventariado de la zona NET comenzó el lunes 1 de agosto, y en un principio se marcó como objetivo contar dos alturas por día (se recuerda que cada altura contiene 142 ubicaciones). De este modo, esta zona habría estado acabada en 4 semanas. Como se ha expuesto, no fue posible seguir ese objetivo, pero se empezó a contar en las zonas EAG y EDI, también de alta rotación, así que el ritmo de inventariado fue bastante regular y positivo durante las primeras dos semanas como se puede comprobar en las siguientes figuras, en los que se muestra la evolución de las existencias en los almacenes 74 y 79. Nótese que la progresión corresponde aproximadamente a las líneas de tendencia agregadas en ambos gráficos, sobre todo a partir del 1 de agosto.

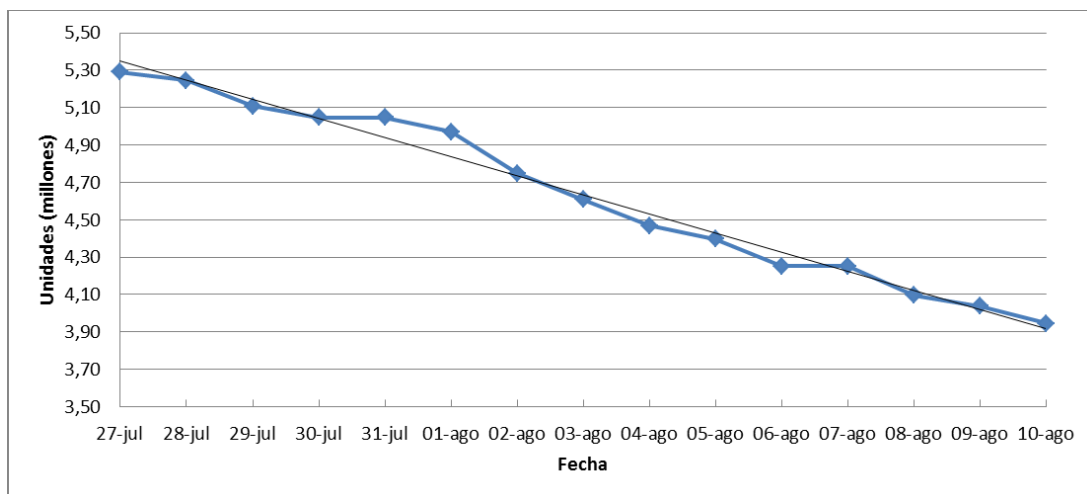


Figura 29. Evolución de las existencias en el almacén 74 durante los primeros 15 días

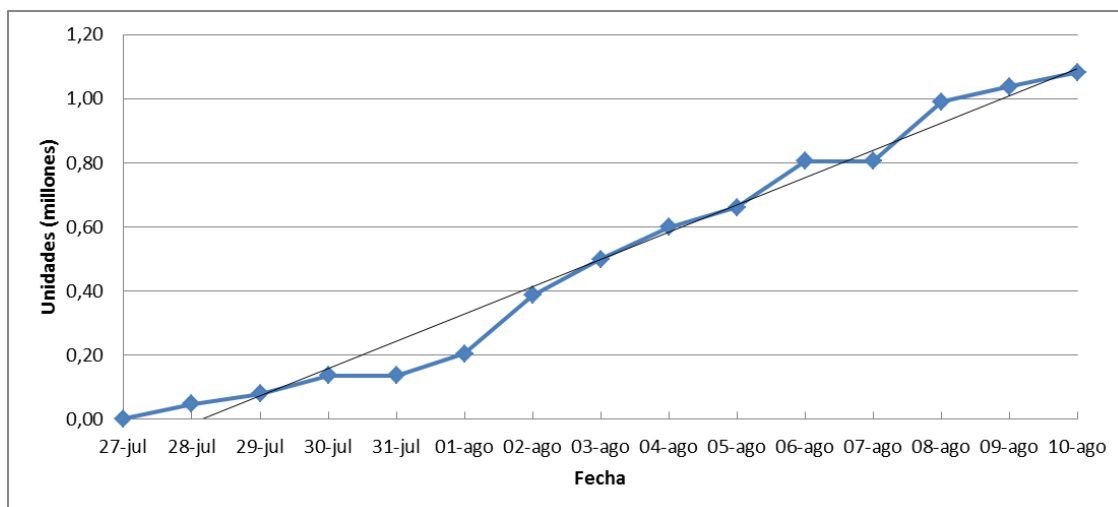


Figura 29. Evolución de las existencias en el almacén 79 durante los primeros 15 días

A continuación, en las siguientes tablas, se detallan las cifras de los movimientos internos¹ de entrada y salida de los almacenes 74 y 79 durante los primeros 15 días. En el caso del almacén 74, las salidas del primer día (27 de julio) corresponden al inventario de las zonas de consumo, y las entradas corresponden a todo el *stock* de envases y tapas excepto las referencias correspondientes a la zona CPT. El resto de entradas corresponden a traspasos realizados de forma excepcional para corregir el registro del almacén 79.

Fecha	Exist.Inic.	Entradas	Salidas	Ajustes	Exist.Fin.
27-jul	0,00	5.452.488,18	-162.880,00	0,00	5.289.608,18
28-jul	5.289.608,18	25,00	-43.782,00	0,00	5.245.851,18
29-jul	5.245.851,18	0,00	-138.865,00	0,00	5.106.986,18
30-jul	5.106.986,18	0,00	-58.526,00	0,00	5.048.460,18
31-jul	5.048.460,18	0,00	-3,00	0,00	5.048.457,18
01-ago	5.048.457,18	0,00	-79.243,00	0,00	4.969.214,18
02-ago	4.969.214,18	0,00	-221.474,00	0,00	4.747.740,18
03-ago	4.747.740,18	1.629,00	-140.282,00	0,00	4.609.087,18
04-ago	4.609.087,18	127,00	-141.690,00	0,00	4.467.524,18
05-ago	4.467.524,18	2.591,00	-72.501,00	0,00	4.397.614,18
06-ago	4.397.614,18	0,00	-146.680,00	0,00	4.250.934,18
07-ago	4.250.934,18	0,00	-80,00	0,00	4.250.854,18
08-ago	4.250.854,18	770,00	-156.309,00	0,00	4.095.315,18
09-ago	4.095.315,18	2.827,00	-60.613,00	0,00	4.037.529,18
10-ago	4.037.529,18	6.397,00	-98.409,00	0,00	3.945.517,18

Tabla 6. Movimientos en el almacén 74 durante los primeros 15 días

¹ Los tipos de movimientos internos llevados a cabo son los mismos que los que se indican en el capítulo de metodología, en concreto en la figura 19.

Fecha	Exist.Inic.	Entradas	Salidas	Ajustes	Exist.Fin.
27-jul	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28-jul	0,00	45.786,00	-11,00	0,00	45.775,00
29-jul	45.775,00	40.748,00	-9.014,00	0,00	77.509,00
30-jul	77.509,00	58.962,00	-940,00	0,00	135.531,00
31-jul	135.531,00	0,00	0,00	0,00	135.531,00
01-ago	135.531,00	86.242,00	-17.933,00	0,00	203.840,00
02-ago	203.840,00	220.416,00	-38.832,00	0,00	385.424,00
03-ago	385.424,00	186.687,00	-74.104,00	0,00	498.007,00
04-ago	498.007,00	152.567,00	-52.272,00	0,00	598.302,00
05-ago	598.302,00	117.882,00	-56.508,00	0,00	659.676,00
06-ago	659.676,00	152.915,00	-8.763,00	0,00	803.828,00
07-ago	803.828,00	0,00	0,00	0,00	803.828,00
08-ago	803.828,00	207.021,00	-20.857,00	0,00	989.992,00
09-ago	989.992,00	84.366,00	-37.037,00	0,00	1.037.321,00
10-ago	1.037.321,00	75.913,00	-30.613,00	0,00	1.082.621,00

Tabla 7. Movimientos en el almacén 79 durante los primeros 15 días

Como se puede observar tanto en los gráficos como en las tablas, el ritmo medio de inventariado fue de aproximadamente 100.000 unidades por día. Tomar como dato las unidades puede ser un dato engañoso en tanto que, por ejemplo, un palé de envases de plástico de 15 litros contiene 228 unidades y otro de envases de metal de 750 ml contiene 1053. Por tanto, tomar los datos de un día no es un buen indicador, mientras que el promedio de varios días sí podría serlo. Como no se dispone de otro indicador más fiable en la base de datos –a algunas referencias de envases, sobre todo las más nuevas, se les ha asignado el dato de kilos/unidad, pero no a todas– se analizan los resultados de este modo.

Si el ritmo fuera el mismo durante todo el proceso que en los primeros 15 días, se cumplirían las previsiones establecidas en la planificación, en la que se estableció una horquilla de entre 6 y 8 semanas para el proceso de inventariado del almacén 79. Para calcularlo, tomamos como indicador el vaciado del almacén 74, ya que el llenado del almacén 79 se ve distorsionado por la entrada de nuevos envases por compras. En concreto:

$$a = \frac{3.945.517 - 5.289.608}{14} = -96.006,5 \text{ uds./día}$$

$$b = 5.289.608 \text{ uds}$$

$$y(x) = ax + b = -96.006,5x + 5.289.608 \quad (\text{Ec. 5})$$

$$0 = -96.006,5x + 5.289.608$$

$$x = 55,096 \approx 55 \text{ días}$$

4.3.2. Previsión para el cierre de proyecto

Una vez pasados los primeros 15 días, sin embargo, uno de los operarios se fue de vacaciones, por lo que solo se iba a disponer de dos personas para llevar a cabo la implantación. Con dos operarios la operativa de movimientos internos se pudo mantener, pero no tuvieron tiempo de inventariar ubicaciones para el almacén 79. Es decir, no hubo más incidencias de las habituales –incluso hubo menos, ya que el mayor número de existencias en el almacén 79 permitía un mejor control de las ubicaciones– pero no se pudo avanzar en el proceso de inventariado.

Pasadas dos semanas, cuando se reincorporó el operario, se pudo dedicar casi en exclusiva a esta tarea, por lo que se avanzó incluso a mayor ritmo que el de los primeros 15 días. En los siguientes gráficos², también de vaciado del almacén 74 y de llenado del 79 como más arriba, se puede ver con facilidad el tiempo que el proceso estuvo estancado, por lo que se evidencia la necesidad de tener a tres personas en el almacén de envases durante el tiempo que dure la implantación del sistema.

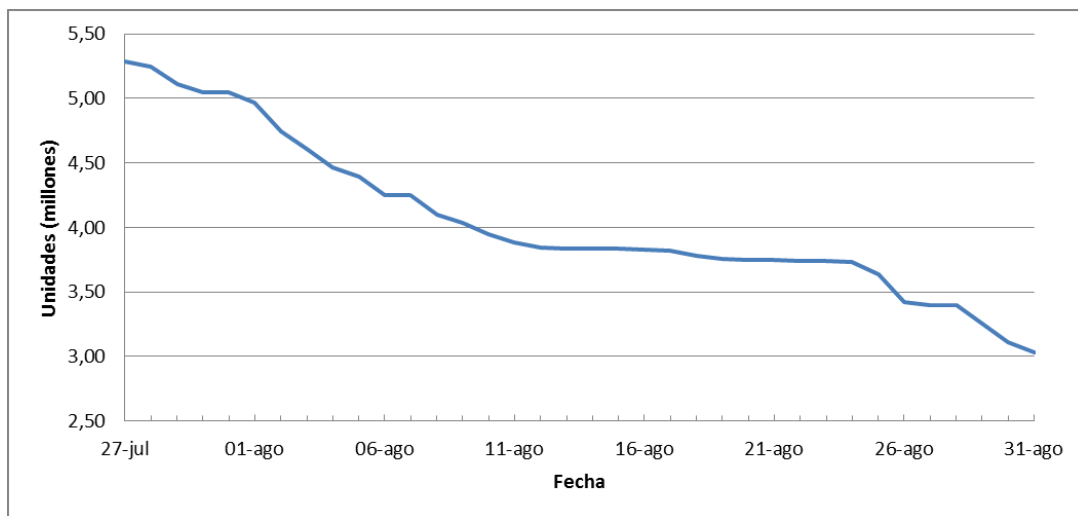


Figura 30. Evolución de las existencias en el almacén 74 hasta el 31 de agosto

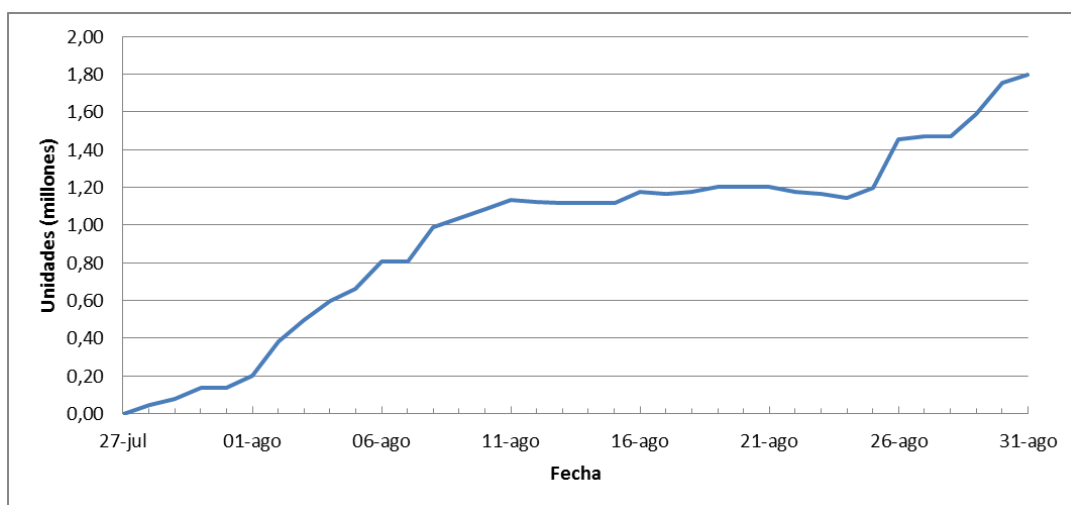


Figura 31. Evolución de las existencias en el almacén 79 hasta el 31 de agosto

² Desde el inicio de la implantación hasta el 31 de agosto, último día de prácticas en Pinturas Montó.

En los dos gráficos, tanto en el del almacén 74 como en el del 79, se aprecian cuatro periodos distintos en cuanto al ritmo de inventariado:

1. Del 27 al 31 de julio: durante los primeros días de implantación, la progresión es lenta. Como no se hacían trasposos vía inventario del 74 al 79, las salidas del 74 corresponden al aprovisionamiento para producción y las entradas al 79, a la recepción de nueva mercancía y los retornos desde zona de consumo.
2. Del 1 al 11 de agosto: uno de los operarios se dedica a inventariar el almacén 79 y se consigue el ritmo previsto en el apartado de planificación.
3. Del 12 al 25 de agosto: el almacén de envases se queda con dos operarios por vacaciones y, pese a que mantienen la operativa, no consiguen encontrar tiempo para inventariar el almacén 79. Las salidas del 79 para abastecer a la fábrica prácticamente compensan las entradas por compras y la cifra de existencias se estanca.
4. Del 26 al 31 de agosto: el equipo del almacén vuelve a contar con tres operarios y se retoma la tarea de inventariado a un ritmo similar al de las primeras dos semanas de agosto.

En total, hasta el 31 de agosto se han inventariado 2623 ubicaciones de las 5289 del almacén de envases y tapas (un 49,6%, prácticamente la mitad). Las zonas recorridas hasta dicho día son:

- NET: Pasillos 4, 5 excepto alturas A y B y 6.
- DET: Completa.
- FDI: Pasillo 1.
- EAG: Pasillos 1,2, 3, 5, 6 y parte del 13.
- EDI: Completa.

Para calcular el tiempo restante estimado para el cierre de proyecto se toma también como indicador el ritmo de vaciado del almacén 74. En este caso se calcula a partir del 25 de agosto por los motivos anteriormente expuestos, suponiendo que el almacén contará con tres operarios en todo momento para la implantación del sistema. No se incluyen en este apartado las tablas con las existencias de cada día porque no se consideran tan relevantes como la propia evolución del *stock*, que se puede apreciar con claridad en las gráficas.

$$a = \frac{3.029.146 - 3.733.797}{6} = -117.441,833 \text{ uds./día}$$

$$b = 3.733.797 \text{ uds.}$$

$$y(x) = ax + b = -117.441,833x + 3.733.797 \quad (\text{Ec. 6})$$

$$0 = -117.441,833x + 3.733.797$$

$$x = 31,79 \approx 32 \text{ días}$$

Por tanto, si según estos sencillos cálculos quedan aproximadamente 32 días desde el día 25 de agosto, desde el 1 de septiembre quedarían 25, por lo que el proyecto podría finalizarse a finales de septiembre si el ritmo medio de inventariado es similar al de la última semana que se ha podido analizar. Esto significa que la duración total de la implantación sería de 2 meses (63 días para ser exactos), y que la desviación respecto al tiempo total establecido en la planificación sería de entre una y dos semanas, justo el tiempo que el inventario estuvo parado por las vacaciones de uno de los operarios.

Cabe remarcar que, a medida que se iba actualizando el inventario, aparecían errores a nivel de sistema porque el registro no coincidía con las existencias reales, tal y como se había previsto. De este modo, si hay más unidades reales que las registradas en el SGA, el procedimiento seguido consiste en repasar todas las ubicaciones para ver si el inventario se ha realizado correctamente antes de llevar a cabo cada regularización, que debe ser aprobada por Gerencia de Operaciones. Este proceso es lento y costoso, y quizá retrase la fecha de cierre de proyecto, pero pondrá fin a la incertidumbre sobre el registro de existencias en el almacén de envases.

Por otro lado, si hay más existencias en el SGA que las reales, estas se quedan en el almacén 74 y serán dadas de baja cuando haya acabado el inventario del almacén 79, como se propuso en el capítulo de metodología. Por este motivo no se pudo analizar en este trabajo las consecuencias del aumento de fiabilidad del *stock* del almacén de envases y las consiguientes ventajas en cuanto a la gestión del espacio ocupado, así como su repercusión en la toma de decisiones respecto a las compras a proveedores.

5. CONCLUSIONES

5.1. Consecuencias de la implantación del sistema

La introducción del sistema de control por radiofrecuencia diseñado en este proyecto ha supuesto un cambio sustancial en la dinámica de trabajo en el almacén de envases. El rápido aumento del volumen de fabricación de Pinturas Montó en los últimos años había provocado un crecimiento a la par del *stock* de envases y tapas, y disponer de un control permanente del inventario se había convertido prácticamente en una necesidad para los departamentos de Producción y Logística.

El reto más importante que planteaba la ejecución de este proyecto era el de llevar a cabo la introducción del sistema sin interferir en la planificación de la producción ni convertir el servicio de envases y tapas a las líneas de envasado en un cuello de botella para la fabricación. Por este motivo, las restricciones a la hora de abordar las posibles soluciones fueron muy numerosas. Por ejemplo, no se pudo abordar un rediseño de los almacenes o la unificación de las unidades de carga para organizar de forma caótica las zonas de *stock* de envases y tapas tal y como se pretendía en un principio.

A partir de las limitaciones impuestas por razones presupuestarias y de tiempo disponible para la ejecución del proyecto, se trazó un objetivo de funcionamiento para la operativa de trabajo del almacén de envases. Tras más de un mes transcurrido desde el arranque, aunque el proceso no haya estado exento de problemas a nivel del sistema de almacenes, se puede asegurar que a grandes rasgos se ha conseguido el objetivo.

En el capítulo de metodología se expuso también una alternativa al modelo de implantación que finalmente se ha llevado a cabo. Dicho modelo se planteó como una forma menos arriesgada de llevar a cabo la implantación del sistema, y aunque quizá habría planteado menos inconvenientes a la hora de validar los consumos, el proceso habría sido más lento y el análisis de los resultados presentado en este trabajo habría sido de menor calado.

Aunque queda algo más de la mitad del almacén 79 por inventariar y no se puede afirmar que el proyecto llevado a cabo con el modelo elegido esté cerca de su cierre, se empiezan a ver beneficios operativos de la implantación del control por radiofrecuencia. Estos beneficios están relacionados con la integración del equipo del almacén en la nueva operativa, algo que ha ido sucediendo a lo largo de las primeras semanas, y también en la capacidad de detectar las fuentes de error en las diferencias de inventario.

El diseño de los diferentes programas para los trasposos de mercancía en el SGA, así como su desarrollo por parte del Departamento de Informática de la compañía, ha dado como resultado una interfaz intuitiva y eficaz para el uso en el día a día por parte de los mozos de almacén. La integración en la base de datos de la compañía ha sido sencilla gracias al control por radiofrecuencia de las referencias del almacén de producto acabado, que ha permitido extrapolar el sistema al almacén de envases y tapas.

Como se ha comentado en el capítulo de resultados, el control de las ubicaciones del almacén de envases y la inversión en terminales para las carretillas del almacén permite un trabajo más cómodo y eficiente a los operarios, por lo que podrán asegurar el suministro de envases y tapas a las líneas de envasado con el mismo equipo de dos personas si el volumen de fabricación sigue creciendo en los próximos años.

La reducción de las existencias en el almacén llamado de consumo ha permitido, además de una correcta identificación de la ubicación de la mercancía en tiempo real, corregir errores puntuales en la asignación de recursos y la validación de consumos de producción para conseguir una mayor fiabilidad en el registro de existencias del SGA.

Con todo, la implantación del sistema aún no ha finalizado, y por tanto las consecuencias a largo plazo no pueden ser objeto de estudio en estos momentos. De este modo, el análisis de la mejora de la fiabilidad del inventario y su relación con los criterios de compra de envases y tapas, quizá uno de los apartados más relevantes desde el punto de vista de la Dirección de Operaciones a nivel académico, escapa al alcance de este trabajo.

Pese a que las ventajas de disponer de un sistema básico de control por radiofrecuencia para mejorar la gestión del inventario son numerosas como se ha comentado a lo largo del trabajo, la implantación también ha tenido ciertas contrapartidas.

Por un lado, como se verá en el documento relativo al presupuesto, el coste de la inversión es relativamente elevado. El hecho de almacenar envases y tapas en diferentes naves supuso que el coste relativo a la instalación de red inalámbrica se incrementara más de lo previsto por la dirección, y fue la razón principal por la que el proyecto estuvo paralizado durante unas semanas. El coste final, de alrededor de 40.000 euros sin tener en cuenta gastos adicionales en personal, representa una gran inversión a largo plazo cuyo tiempo de amortización es difícil de calcular por la naturaleza del proyecto.

Por otro lado, la introducción de la operativa de aprovisionamiento de envases a la fábrica de productos al disolvente, cosa que no sucedía anteriormente porque lo hacían los propios envasadores debido a su proximidad al almacén, supone que los operarios del almacén de envases tienen una mayor carga de trabajo en cuanto a movimientos de mercancía. De todas formas, debido al menor volumen de fabricación de dicha fábrica respecto a la de agua y del ahorro de tiempo en la localización de la mercancía, no ha supuesto un gran problema a nivel operativo.

En resumen, podríamos establecer la siguiente tabla con los pros y los contras de la implantación del sistema de control por radiofrecuencia diseñado para el almacén de envases respecto a la operativa seguida hasta la fecha:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Aumento de la fiabilidad del <i>stock</i>: reducción a largo plazo de la incertidumbre en la toma de decisiones del Departamento de Producción (aprovisionamiento, fabricación, etc.)• Localización continua de la mercancía con el mapa de ubicaciones reflejado en el SGA: mejora de los tiempos de preparación.• <i>Software</i> intuitivo y fácil de usar: funcionamiento sencillo para que no sea un obstáculo para la adaptación del equipo de almacén.• Reducción de errores en la identificación de la mercancía y capacidad de detectar fallos en la validación de consumos.	<ul style="list-style-type: none">• No se ha podido implantar un sistema para gestionar el almacén de forma caótica.• Coste elevado de la infraestructura de red inalámbrica para las naves que conforman el almacén de envases.• Mayor número de movimientos de mercancía debido a la introducción de la operativa de aprovisionamiento de la fábrica de productos al disolvente.

Tabla 8. Ventajas y desventajas de la implantación del sistema

Según las previsiones expuestas en el capítulo de resultados, todavía falta un mes para poder dar por cerrado el proyecto, es decir, queda prácticamente la mitad del almacén por inventariar, pero los datos obtenidos y el análisis realizado hasta la fecha prueban que los resultados obtenidos durante las primeras semanas de la implantación del sistema son suficientes para la presentación de este Trabajo Final de Grado.

En líneas generales, el balance hasta la fecha del proceso de informatización del almacén de envases y tapas de Pinturas Montó ha sido positivo debido al cumplimiento de la mayor parte de los objetivos marcados semanas atrás. En particular, el trabajo duro de todo el equipo involucrado en la realización de este proyecto, desde la dirección hasta los mozos de almacén, pasando por los informáticos, ha conseguido que el sistema siguiera adelante incluso en los días de mayor actividad de la fábrica.

5.2. Problemas planteados para ser abordados en el futuro

Para concluir, en este apartado se presentan propuestas para futuros proyectos relacionados con el almacén de envases y tapas de Pinturas Montó y que pueden contribuir a mejorar la gestión de la cadena de suministro. Se enumeran los siguientes:

- Revisión de los criterios de compra de envases.
- Rediseño de las estanterías del almacén para optimizar el espacio ocupado.
- Reciclaje o reetiquetado de productos obsoletos.
- Integración de la asignación automática de ubicaciones para las entradas y las salidas en el sistema: convertirlo en un almacén caótico.
- Desarrollo de un programa para la visualización del progreso de la planificación diaria de producción y los envases y tapas pendientes de servir para cada orden de fabricación prevista.
- Implantación de un procedimiento similar al del almacén de envases para el control por radiofrecuencia de las materias primas.

PRESUPUESTO

Diseño y desarrollo de un sistema de control por radiofrecuencia para la optimización de la gestión del inventario del almacén de envases en una planta industrial de fabricación de pinturas

1. JUSTIFICACIÓN DE LOS RECURSOS PRESUPUESTADOS

Imanes para etiquetas RFID

En primer lugar, como se trata de un proyecto de implantación de un sistema de control por radiofrecuencia, es necesario que todas las ubicaciones, tanto en estanterías como en el suelo, estén debidamente identificadas mediante etiquetas con código de barras. Cuando se llevó a cabo el proyecto de informatización del almacén de producto acabado, las etiquetas RFID fueron impresas sobre papel y se colocaron en unos imanes específicos para tal fin.

Se planteó comprar papel adhesivo en lugar de etiquetas magnéticas para abaratar el coste del proyecto (se recuerda que hay miles de ubicaciones), pero el hecho de que la nave de la zona NET esté ocupada también por el almacén de producto acabado genera un problema. Como se amplía o se reduce la parte que ocupa el almacén de producto acabado según sus necesidades, poner etiquetas pegadas a las estanterías podría suponer que haya unas etiquetas encima de otras y provocar errores en la lectura de los códigos por parte de los operarios si alguna de ellas no se ha pegado bien. Por este motivo, se decide la compra de etiquetas magnéticas en lugar de adhesivas.

Si se suman todas las ubicaciones del almacén de envases y tapas da un total de 7881, de las cuales se usan 5325 ya que 2556 de las ubicaciones de la zona NET las ocupa el almacén de producto acabado. Se propone la compra de 6000 imanes ya que, como se ha comentado, la cantidad de ubicaciones ocupadas por el almacén de envases aumenta en épocas de menor facturación, por lo que conviene tener un buen número de imanes de repuesto.

Hardware

Para que los operarios puedan llevar a cabo los traspasos a nivel del sistema de gestión de almacenes deben disponer de terminales con acceso al emulador de AS/400, así como lectores de códigos de barras para el control por radiofrecuencia.

El terminal para carretilla seleccionado por el Departamento de Informática es de la marca Honeywell, en concreto el modelo Thor VM1: dispone de pantalla de 9,7", teclado integrado, conexión WLAN y Bluetooth. En el precio indicado en el presupuesto se incluye el terminal, la cuna para su adaptación a la carretilla y un kit de montaje rápido.

El lector de código de barras es el modelo LS3578-ER de Motorola. Dispone de conexión Bluetooth para la comunicación con el terminal de carretilla. En el precio se incluye el lector, el soporte o cuna para la carretilla y su fuente de alimentación.

Para aclarar cuántos equipos (terminal y lector) son necesarios, se describe a continuación el caso de cada nave en la que se almacenan envases y tapas:

- **Zona NET:** Es imprescindible disponer de al menos un equipo en una de las carretillas trilaterales.
- **Zona DET:** Como la inversión es demasiado grande para el reducido número de palés de esta zona, se opta por hacer los traspasos manualmente desde otro ordenador.
- **Zona FDI:** Esta zona está llena de productos obsoletos; las pocas referencias que se almacenan se pueden traspasar manualmente desde otro ordenador como en la zona anterior.

- **Zona EAG:** Es necesario disponer de un equipo para la máquina trilateral con la que los operarios trabajan en esta nave.
- **Zona EDI:** Debido al volumen de fabricación de productos al disolvente, también es necesario instalar un equipo. En esta zona, los operarios trabajan con una transpaleta apiladora, así que se debe de instalar tanto el terminal como el lector en un vehículo de dimensiones más reducidas.

Por lo tanto, se considera imprescindible para la ejecución de este proyecto la compra de tres terminales y tres lectores de códigos de barras.

Además de la compra de *hardware* para el control por radiofrecuencia de las ubicaciones, se plantea la compra del *hardware* necesario para cambiar la operativa de recepción de mercancía. Se recuerda que previamente, los operarios llevaban el albarán al Departamento de Logística para que se llevara a cabo el alta de la mercancía recibida en el SGA. Además, imprimían las etiquetas de identificación de los palés mediante un ordenador conectado a una impresora configurada específicamente para la impresión de etiquetas.

El principal problema de esta operativa es que entre el departamento y la zona de muelles junto a las zonas NET y EDI, que a su vez es la que más camiones recibe, hay unos 5 minutos a pie. Teniendo en cuenta la cantidad de veces que se realiza este movimiento, la pérdida de tiempo es considerable.

Por este motivo se incluye en el presupuesto la adquisición de una impresora industrial para este fin, que se colocará a la entrada de la zona NET. El modelo de impresora seleccionado es el ZT230 de Zebra. También sería necesaria la compra de un PC para la recepción en AS/400, pero hay ordenadores de repuesto en la fábrica que podrían realizar esta función y por lo tanto no se incluye en el presupuesto.

Instalación de cableado y red inalámbrica

Para que los terminales puedan acceder al sistema de gestión de almacenes en AS/400 es necesario dotar de cobertura de conexión inalámbrica a las naves del almacén de envases y tapas.

Como se puede observar en la siguiente figura, el terminal se conecta a la red de área local (LAN) vía conexión inalámbrica a través de un punto de acceso (*Access Point*). Una vez conectado a la red de área local de la compañía, el usuario puede intercambiar información con el servidor del sistema de gestión de almacenes. Como se ha comentado en la memoria, el SGA opera sobre el equipo AS/400 de IBM, y la información se muestra a través de una interfaz de usuario gráfica (GUI).

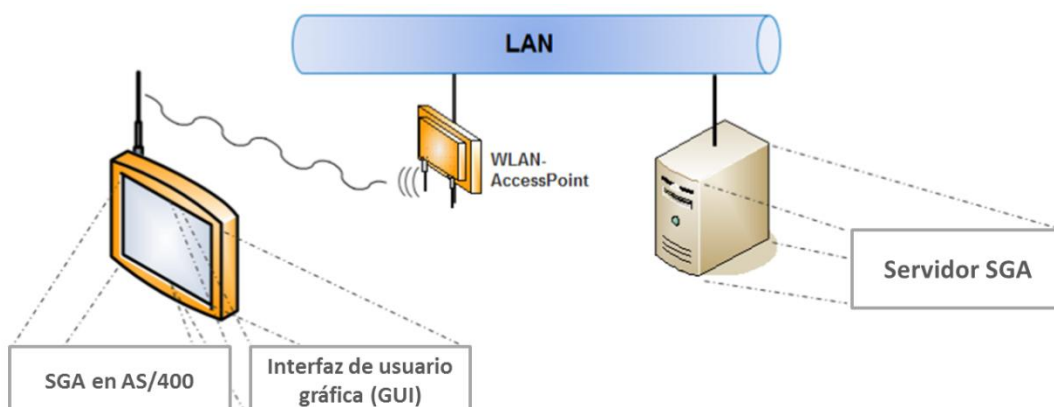


Figura 1. Esquema de conexión del terminal de carretilla con el servidor

Actualmente solo dispone de cobertura WLAN una parte de la zona NET, por lo que se presupuesta la estructura de cableado e instalación de puntos de acceso para conexión inalámbrica necesaria para la ejecución de este proyecto.

En el caso del *hardware* ya se ha comentado cuáles son las zonas en las que merece la pena invertir para el control por radiofrecuencia, y se ha concluido que era necesario hacerlo en las zonas NET, EDI y EAG. Por tanto, si solo van a utilizarse terminales en estas tres zonas, se hará la instalación pertinente en cada una de estas tres naves.

Cabe remarcar que el presupuesto seleccionado por el director del Departamento de Informática tras comparar los de dos tiendas especializadas no desglosa el importe total sino que presenta una oferta para la instalación conjunta de las tres naves. Por esta razón no se descompone el precio de la instalación en la presentación del presupuesto del proyecto.

En el anejo 1 se detalla el trabajo en realizar durante el proceso de instalación, así como la ubicación de los puntos de acceso en las correspondientes naves y la relación de elementos incluidos en el precio.

Desarrollo informático

El único gasto relativo al desarrollo de los diferentes programas necesarios para la implementación del sistema descrito en este trabajo es el de la mano de obra del director del Departamento de Informática, que es la persona que lleva directamente este apartado del proyecto. Se fijó en 90 horas el tiempo necesario para el desarrollo informático, y con este dato y una estimación de su salario se calcula la inversión aproximada para sumarla al presupuesto.

Inventariado

La tarea de inventariado de todas las zonas del almacén de envases es la que más tiempo ocupa, y es realizada por una de las dos personas del equipo de almacén. Si se suma todo el tiempo estimado en el apartado de la memoria referente a la planificación, arroja un total de 277,8 horas. De todas formas, antes del desarrollo se llevaron a cabo tareas de reubicación de obsoletos y otros movimientos de palés, por lo que la cifra se redondea a unas 300 horas. Con este dato y el del salario aproximado del operario se calcula la inversión.

Dirección del proyecto

Como la remuneración de las prácticas en empresa del autor de este trabajo también forma parte del presupuesto, se tiene en cuenta el total de horas trabajadas¹ y el salario por hora para calcular el coste de la dirección del proyecto.

¹ El total de horas trabajadas durante las prácticas en Pinturas Montó incluye el periodo de formación y otras tareas no directamente relacionadas con la ejecución de este proyecto.

2. PRESENTACIÓN DEL PRESUPUESTO

PRESUPUESTO

N.º Orden	Descripción	Medición	Precio	Importe
SISTEMA CONTROL RF ALMACÉN ENVASES				
01	IMANES PARA ETIQUETAS RFID			
01.01	Ud Caja de 50 unidades de etiquetas magnéticas EM-1 de Mecalux	120,00	27,50	3.300,00
	Total capítulo 01.			3.300,00
02	HARDWARE			
02.01	Ud Terminal de Carretilla Honeywell Thor + Cuna + Kit de Montaje	3,00	3.591,25	10.773,75
02.02	Ud Lector Motorola LS3578-ER + Cuna + Fuente de Alimentación + Cable de Alimentación	3,00	718,98	2.156,94
02.03	Ud Impresora Zebra ZT230	1,00	829,00	829,00
	Total capítulo 02.			13.759,69
03	INSTALACIÓN DE CABLEADO Y RED INALÁMBRICA			
03.01	Ud Instalación Informática Categoría 6 / Wifi / Fibra Óptica	1,00	15.996,00	15.996,00
	Total capítulo 03.			15.996,00
04	DESARROLLO INFORMÁTICO			
04.01	h Mano de obra: Director de Informática	90,00	25,00	2.250,00
	Total capítulo 04.			2.250,00
05	INVENTARIADO			
05.01	h Mano de obra: Mozo de Almacén	300,00	11,00	3.300,00
	Total capítulo 05.			2.400,00
06	DIRECCIÓN DEL PROYECTO			
06.01	h Mano de obra: Estudiante de Ingeniería	700,00	3,75	2.625,00
	Total capítulo 06.			
	Total presupuesto.			41.230,69

Presupuesto de ejecución material41.230,69 €

Gastos generales (no procede) 0,00 +

Beneficio industrial (no procede)..... 0,00 +

Presupuesto de inversión.....41.230,69 €

IVA (21% de los capítulos 1, 2 y 3) 6.941,69 +

Presupuesto base de licitación48.172,38 €

Asciende el presente presupuesto a la expresada cantidad de:

CUARENTA Y OCHO MIL CIENTO SETENTA Y DOS EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS

ANEJO 1. INSTALACIÓN DE CABLEADO Y RED INALÁMBRICA

Diseño y desarrollo de un sistema de control por radiofrecuencia para la optimización de la gestión del inventario del almacén de envases en una planta industrial de fabricación de pinturas

Descripción del trabajo a realizar

El trabajo consiste en el suministro e instalación de cableado para nuevos puntos de acceso Wifi para tres dependencias de la fábrica de Pinturas Montó. En cada una de estas zonas se van a realizar los siguientes trabajos de cableado informático para la colocación de nuevos puntos de acceso para dar cobertura Wifi a los diferentes dispositivos:

Zona NET

- Suministro e instalación de un nuevo Rack informático.
- Instalación de 5 nuevos puntos de acceso Wifi.
- Instalación de manguera de fibra óptica multimodo hasta zona EAG.

Zona EDI

- Instalación de 2 nuevos puntos de acceso Wifi.

Zona EAG

- Suministro e instalación de un nuevo Rack informático.
- Instalación de 5 nuevos puntos de acceso Wifi.
- Enlace de cableado informático con el Rack del Departamento de Mantenimiento.
- Instalación de manguera de fibra óptica multimodo hasta zona NET.

El enlace informático para dar servicio al nuevo Rack informático de la zona EAG partirá desde el Rack informático más cercano, situado en la oficina de mantenimiento.

Se colocará un nuevo Rack informático en dicha ubicación para centralizar el cableado Wifi de la zona NET. Desde este Rack se activará un nuevo puesto de trabajo para dar servicio a un PC y una impresora de etiqueta, además de dar conexión al nuevo punto de acceso Wifi.

La comunicación entre la zona EAG y la zona NET será realizada mediante una manguera de fibra óptica Multimodo de 50/125 mm, con protección EAP (capacidad de 4 fibras ópticas).

La alimentación eléctrica para todos los puntos de acceso será realizada por PoE (Power over Ethernet) con conexión directa a la electrónica de red Ethernet que corresponda.

Los dispositivos en cuanto a puntos de acceso se refiere serán del modelo R500 de Ruckus. Se aprovechará la controladora existente y se ampliarán licencias.

La totalidad de la canalización a instalar en el interior de las naves será mediante tubo de PVC.

La fibra óptica transcurrirá por la planta sótano de la nave en la que se encuentra la zona EAG, aprovechando la canalización existente.

Para la realización de los trabajos será necesario disponer de una plataforma elevadora con brazo telescópico, la cual no está incluida en la oferta de instalación ya que Pinturas Montó dispone del citado equipamiento.

La distribución de puntos de acceso en las zonas EDI y NET, ambas contiguas (en el plano, EDI a la izquierda y NET a la derecha), será la siguiente:

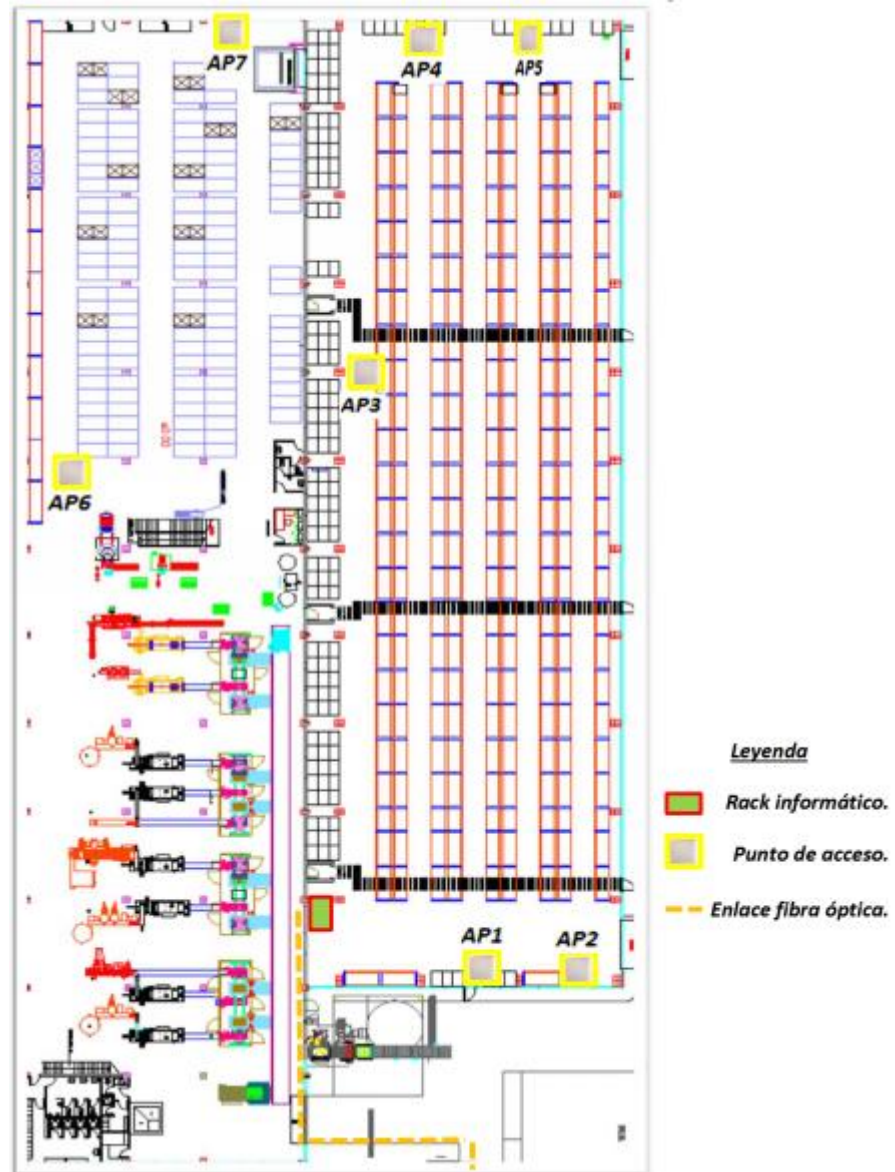


Figura 1. Plano de las zonas EDI y NET con la ubicación de los Access Point

La distribución de puntos de acceso en la zona EAG será la siguiente:

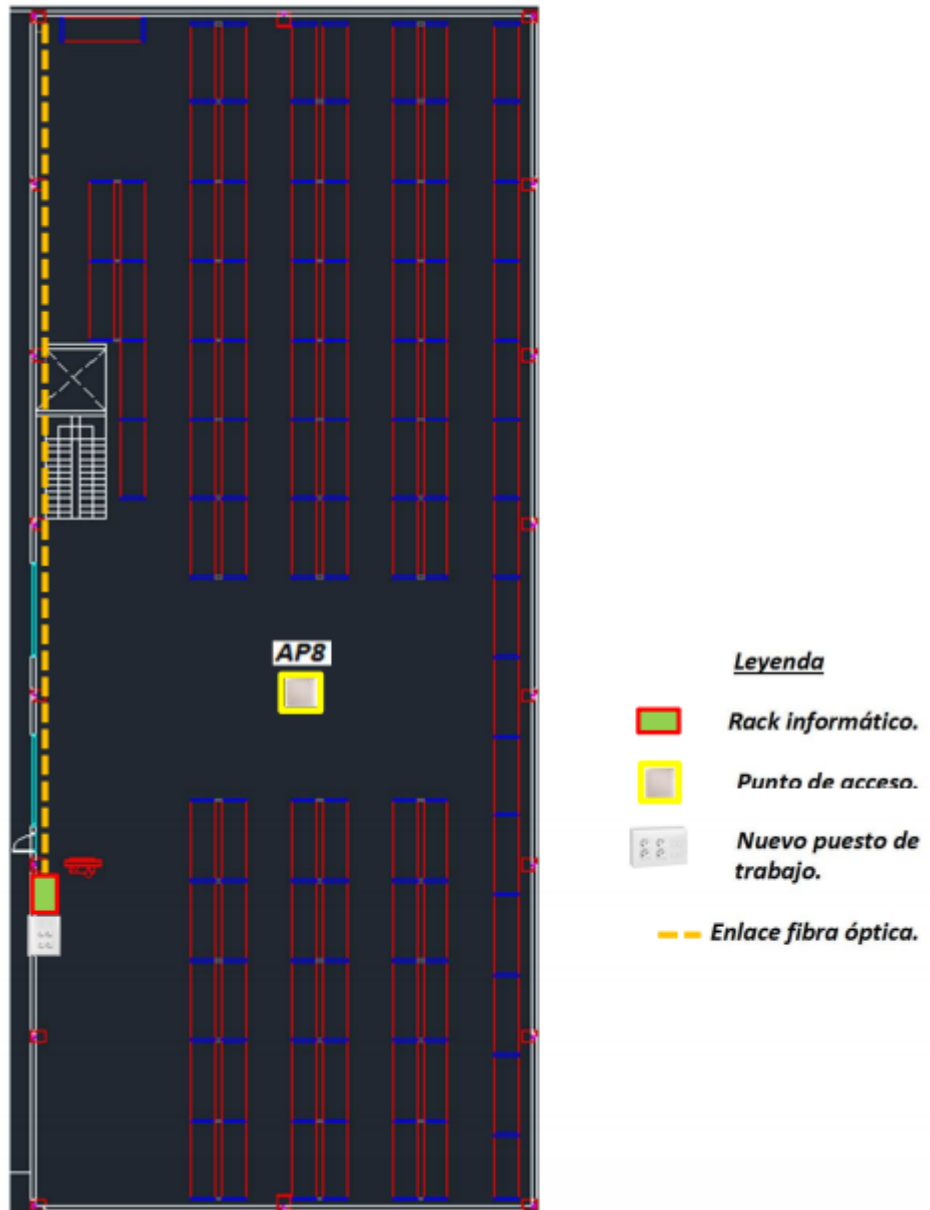


Figura 2. Plano de la zona EAG con la ubicación de los Access Point

Relación material de conducción informática

ARTÍCULO	UNIDADES
Tubo forroplast de métrica 20 mm para realizar bajante desde Rack informático	35
Tubo de PVC-LSZH, color gris, de métrica 20 mm para canalización desde Rack	150
Tubo de PVC-LSZH, color gris, de métrica 25 mm para canalización en zona NET	150
Tubo de PVC-LSZH, color gris, de métrica 32 mm para canalización en zona NET	55
Tubo de hierro de métrica 16 mm para realizar bajante y subida hasta AP3	16
Curvas 90º PVC-LSZH, para tubo de métrica 20 mm	14
Curvas 90º PVC-LSZH, para tubo de métrica 25 mm	32
Curvas 90º PVC-LSZH, para tubo de métrica 32 mm	16
Curvas de hierro para tubo métrica 16 mm	3
Caja estanca de 100 x 100 mm	24
Caja estanca de 150 x 100 mm	6
Abrazadera metálica de varias medidas para sujeción tubo de hierro / PVC	360
P. A. de pequeño material	1

Relación material Departamento de Mantenimiento

ARTÍCULO	UNIDADES
Conector hembra RJ 45 de Categoría 6 UTP, tool free, marca Optronics	1
Patch Cord RJ 45 - Categoría 6 de 1 m para parcheo enlace Wifi, marca Optronics	1
Rotulación de Patch Cord RJ 45 para el interior del Rack informático	1
P. A. de pequeño material	1

Relación material nuevo Rack informático en zona NET

ARTÍCULO	UNIDADES
Rack informático de 9 UA, 500x600 mm, marca Monolyth	1
Panel UTP para albergar 16 posiciones RJ 45 - Categoría 6, Optronics	1
Conector hembra RJ 45 de Categoría 6 UTP, tool free, marca Optronics	8
Patch Cord RJ 45 - Categoría 6 de 1 m para parcheo enlace Wifi, marca Optronics	8
Guía pasacables horizontal con cepillo	2
Panel de F. Ó. con capacidad para albergar 12 fibras ópticas 50/125 mm - ST	1
Tapones ciegos embellecedores para huecos libres en panel de F. Ó.	6
Adaptador pasamuros SC/SC para albergar conexiones de F. Ó. en panel 19"	4
Conector de fibra óptica ST de 50/125 mm, marca Optronics	4
Patch Cord de bifibra ST/LC - ST/LC de 1 m para realizar conexión a la electrónica	1
Batería de enchufes con 8 tomas eléctricas tipo shucko, para colocar en 19"	1
Bandeja frontal para sujeción a perfiles 19" (colocación routers, etc.), 300 mm	1
Tapa ciega embellecedora de 1 UA para tapar huecos libres en el Rack	3
Tornillería especial para el Rack informático	36
P. A. de pequeño material	1

Relación material cable informático / fibra óptica

ARTÍCULO	UNIDADES
Cable par trenzado UTP Categoría 6 (Gigabyte Ethernet), marca Optronics	690
Manguera F. Ó. con protección dieléctrica con 4 fibras - 50/125 mm (OM2)	125

Relación material electricidad

ARTÍCULO	UNIDADES
Manguera eléctrica de 3 x 2,5 mm para realizar alimentación eléctrica a los Racks	10
Magnetotérmico protección de 2 x 10 A, marca Schneider Electric	2
P. A. de pequeño material	1

Relación material electrónica de red Ethernet

ARTÍCULO	UNIDADES
Switch de 8 puertos RJ 45 PoE + 10/100/1000 Base T + 2 RJ 45 + 2 SFP	2
Módulo SFP interno SX para electrónica de red HP, modelo J4858C a 1 GB, HP	2

Relación material nuevo Rack informático en zona EAG

ARTÍCULO	UNIDADES
Rack informático de 9 UA, 500x600 mm, marca Monolyth	1
Panel UTP para albergar 16 posiciones RJ 45 - Categoría 6, Optronics	1
Conector hembra RJ 45 de Categoría 6 UTP, tool free, marca Optronics	4
Patch Cord RJ 45 - Categoría 6 de 1 m para parcheo enlace Wifi, marca Optronics	4
Guía pasacables horizontal con cepillo	2
Panel de F. Ó. con capacidad para albergar 12 fibras ópticas 50/125 mm - ST	1
Tapones ciegos embellecedores para huecos libres en panel de F. Ó.	8
Adaptador pasamuros SC/SC para albergar conexiones de F. Ó. en panel 19"	4
Conector de fibra óptica ST de 50/125 mm, marca Optronics	4
Patch Cord de bifibra ST/LC - ST/LC de 1 m para realizar conexión a la electrónica	1
Batería de enchufes con 8 tomas eléctricas tipo shucko, para colocar en 19"	1
Bandeja frontal para sujeción a perfiles 19" (colocación routers, etc.), 300 mm	1
Tapa ciega embellecedora de 1 UA para tapar huecos libres en el Rack	3
Tornillería especial para el Rack informático	36
P. A. de pequeño material	1

Relación material nuevo puesto de trabajo

ARTÍCULO	UNIDADES
Caja toma de datos con 3 módulos de superficie para instalar en pared, Simon	1
Placa de un módulo con dos tomas de corriente shuko, color blanco, Simon	2
Placa para albergar 2 conexiones RJ 45 hembra + guardapolvo, Simon	2
Conector hembra RJ 45 de Categoría 6 UTP, tool free, marca Optronics	3
Line Cord RJ 45 de Categoría 6, 3 m, para puesto de trabajo, Optronics	3
Rotulación / Etiquetado de puestos de trabajo en cajas de toma de datos	3
P. A. de pequeño material	1

Relación material puntos de acceso nave almacén

ARTÍCULO	UNIDADES
Punto de acceso Wifi, modelo 901-R500-WW00, Zone Flex R500, marca Ruckus	8
Pack de 8 licencias Upgrade Zflex para controladora Zdirector 1200	8
WatchDog Support para Zone Director ONE AP Upgrade para 1 año	(Opcional)

Relación mano de obra

ARTÍCULO	UNIDADES
Mano de obra instalación nuevos Racks informáticos	1
Mano de obra instalación cableado en las tres naves	1
Mano de obra instalación / conexión de fibra óptica	1
Certificación de enlace informático/cableado/puestos de trabajo EN 50173	1

LISTA DE REFERENCIAS

Diseño y desarrollo de un sistema de control por radiofrecuencia para la optimización de la gestión del inventario del almacén de envases en una planta industrial de fabricación de pinturas

- AIDIMA – Dpto. Logística y Procesos. (2009). *Sistema de Gestión de Almacenes*. Recuperado de http://www.aidima.es/gdp/documentos/Documentos/fpiquer_SGAvWeb.pdf
- Andriani, C.S., Biasca, R. E. y Rodríguez Martínez, M. (2003). *El nuevo sistema de gestión para las PYMEs. Un reto para las empresas latinoamericanas*. Tlalnepantla, Estado de México, México: Norma Ediciones. Recuperado de: https://books.google.es/books/about/El_nuevo_sistema_de_gesti%C3%B3n_para_las_PY.ht ml?id=2oLlqGzrtoC
- Chase, R. B. y Aquilano, N. J. (1994). *Dirección y administración de la producción y de las operaciones*. Wilmington, DE, USA: Addison-Wesley Iberoamericana.
- de Miguel Molina, B. y Baixauli Baixauli, J. J. (coords.) (2010). *Empresa y Economía Industrial*. Aravaca, Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España.
- Domínguez Machuca, J. A. (coord.) (1995). *Dirección de operaciones. Aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. Aravaca, Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España.
- Domínguez Machuca, J. A. (coord.) (1995). *Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. Aravaca, Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España.
- González Gómez, J. I. (coord.) (2002). *Control y gestión del área comercial y de producción de la PYME. Una aplicación práctica con: SP FacturaPlus y SP TPVplus Élite 2003*. A Coruña: Netbiblo. Recuperado de https://books.google.es/books/about/Control_y_gesti%C3%B3n_del_%C3%A1rea_comercial_y.html?id=CyBaC-1SuRMC&redir_esc=y
- Informa D&B (2014). *Pinturas Montó | Ranking Empresas* *elEconomista.es*. Recuperado de <http://ranking-empresas.eleconomista.es/PINTURAS-MONTO.html>
- Plou, Á. (2005). *WMS (Warehouse Management Systems). How to choose the best for your warehouse*. Zaragoza: EDS Internal. Retrieved from http://www.zlc.edu.es/content/files/Microsoft%20PowerPoint%20-%20WM_Overview.pdf
- Pinturas Montó (s. f.). *Empresa - Montó Pinturas*. Recuperado el 9 de junio de 2016 de <http://montopinturas.com/ver/1028/empresa.html>