



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

---

Universidad de Valladolid



Máster en Logística 2019 – 2020

*Trabajo de Fin de Máster*

# **“Parametrización de los almacenes de la Escuela Lean mediante el sistema EasyWMS”**

---

Francisco Javier Sánchez Nava

Tutor

Ángel Manuel Gento Municio

Valladolid, 2020



**Trabajo de Fin de Máster**  
**Francisco Javier Sánchez Nava**



# ÍNDICE

RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	11
LISTADO DE ACRÓNIMOS.....	13
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>17</b>
1.1. MOTIVACIÓN.....	17
1.2. ESTADO DE LA TÉCNICA .....	18
1.3. OBJETIVOS .....	19
1.4. ALCANCE .....	19
1.5. ESTRUCTURA DEL TRABAJO .....	20
1.6. METODOLOGÍA.....	20
<b>2. LA ESCUELA LEAN.....</b>	<b>25</b>
2.1. HISTORIA, DEFINICIÓN Y OBJETIVOS.....	25
2.2. PRODUCTO FABRICADO EN LA ESCUELA LEAN.....	26
2.2.1. Coche.....	26
2.2.2. Solectrón.....	27
2.3. EL PROCESO PRODUCTIVO .....	29
2.3.1. Situación inicial.....	30
2.3.2. Primera producción.....	34
2.3.3. Segunda producción .....	35
2.3.4. Tercera producción .....	37
<b>3. GESTIÓN DE ALMACENES .....</b>	<b>43</b>
3.1. INTRODUCCIÓN .....	43
3.2. GESTIÓN DE ALMACENES .....	43
3.2.1. Recepción de bienes.....	43
3.2.2. Almacenamiento .....	44
3.2.3. Consolidación.....	44
3.2.4. Order-picking .....	44
3.2.5. Empaquetado y expedición de bienes .....	46
3.3. SOFTWARE WMS .....	49
3.3.1. SAP EWM .....	49
3.3.2. Aqua Intelligent Warehouse. ....	52
3.3.3. EasyWMS Basic.....	54
3.4. ELECCIÓN DE UN SOFTWARE WMS PARA LA ESCUELA LEAN .....	56
<b>4. PARAMETRIZACIÓN EN EASYWMS.....</b>	<b>63</b>
4.1. INSTALACIÓN DEL SISTEMA EASYWMS.....	63
4.2. CONFIGURACIÓN DE LOS DATOS DEL SISTEMA EASYWMS .....	64
4.3. CREACIÓN DEL ALMACÉN.....	68
4.3.1. Línea de montaje (LINMON).....	72
4.3.2. Línea de reciclado (LINREC).....	78
4.3.3. Zona de mecanizado (MECANI).....	82
4.3.4. Zona de lavado (LAVADO) .....	86
4.3.5. Stock en tránsito (CARROS).....	87
<b>5. ESTUDIO ECONÓMICO.....</b>	<b>97</b>



5.1.	INTRODUCCIÓN .....	97
5.2.	JERARQUÍA DEL PROYECTO .....	97
5.3.	FASES DE DESARROLLO DEL PROYECTO .....	98
5.4.	ESTUDIO ECONÓMICO.....	99
5.4.1.	<i>Horas efectivas anuales</i> .....	99
5.4.2.	<i>Salarios</i> .....	100
5.4.3.	<i>Amortizaciones</i> .....	100
5.4.4.	<i>Costes de material consumible</i> .....	101
5.4.5.	<i>Costes indirectos</i> .....	102
5.4.6.	<i>Horas de personal dedicadas a cada fase de proyecto</i> .....	102
5.4.7.	<i>Costes asignados a cada fase del proyecto</i> .....	102
5.4.8.	<i>Coste total</i> .....	105
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS .....</b>	<b>109</b>
6.1.	CONCLUSIONES .....	109
6.2.	LÍNEAS FUTURAS.....	110
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>115</b>



## LISTADO DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: FUNCIONALIDAD Y FLUJO DE INFORMACIÓN EN UN WMS. FUENTE: (WAP SHANGHAI 2019).....	18
ILUSTRACIÓN 2: ESPACIO DE LA ESCUELA LEAN. FUENTE: (RENAULT - NISSAN CONSULTING 2018).....	25
ILUSTRACIÓN 3: COCHES FABRICADOS EN LA ESCUELA LEAN.....	26
ILUSTRACIÓN 4: PIEZAS QUE COMPONEN EL COCHE.....	27
ILUSTRACIÓN 5: SOLETRÓN COMPLETAMENTE ENSAMBLADO.....	28
ILUSTRACIÓN 6: BASES DE TIPO A Y B RESPECTIVAMENTE.....	28
ILUSTRACIÓN 7: DIFERENTES TIPOS DE CAPAS DEL SOLETRÓN.....	29
ILUSTRACIÓN 8: ESQUEMA DE MONTAJE DEL SOLETRÓN.....	29
ILUSTRACIÓN 9: CENTRO DE MECANIZADO.....	30
ILUSTRACIÓN 10: ESQUEMA DE LAS OPERACIONES REALIZADAS EN LA LÍNEA DE MONTAJE.....	31
ILUSTRACIÓN 11: REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE EPSYLON.....	31
ILUSTRACIÓN 12: LÍNEA DE MONTAJE.....	32
ILUSTRACIÓN 13: ESQUEMA DE LA LÍNEA DE RECICLADO.....	33
ILUSTRACIÓN 14: LÍNEA DE RECYCLEAN.....	33
ILUSTRACIÓN 15: TARJETAS PARA LA REALIZACIÓN DE LOTES.....	34
ILUSTRACIÓN 16: LAYOUT INICIAL PARA LA PRIMERA PRODUCCIÓN.....	34
ILUSTRACIÓN 17: LAYOUT DE LA SEGUNDA PRODUCCIÓN.....	36
ILUSTRACIÓN 18: TARJETAS PARA LA REALIZACIÓN DE LOTES UNITARIOS.....	37
ILUSTRACIÓN 19: KIT PARA LA FABRICACIÓN DE UN SOLETRÓN.....	38
ILUSTRACIÓN 20: LAYOUT DE LA TERCERA PRODUCCIÓN.....	38
ILUSTRACIÓN 21: SISTEMA PICK TO LIGHT. FUENTE: (DIRECT INDUSTRY 2020).....	45
ILUSTRACIÓN 22: MERCANCÍA LISTA PARA EXPEDIRSE FRENTE A LOS MUELLES DE CARGA. FUENTE: (MECALUX 2019).....	46
ILUSTRACIÓN 23: DIFERENCIAS ENTRE GESTIÓN DE ALMACENES Y GESTIÓN DE INVENTARIOS. FUENTE: (POLO MOYA 2016).....	48
ILUSTRACIÓN 24: MÓDULO SAP EXTENDED WAREHOUSE MANAGEMENT. FUENTE: (SAP 2020).....	50
ILUSTRACIÓN 25: RESUMEN DE LAS APLICACIONES DE SAP EWM. FUENTE: (SAP 2016).....	51
ILUSTRACIÓN 26: VISTA DEL <i>TRANSPORTATION COCKPIT</i> . FUENTE: (SAP 2016).....	52
ILUSTRACIÓN 27: AQUA INTELLIGENT WAREHOUSE. FUENTE: (AQUA ESOLUTIONS 2020).....	53
ILUSTRACIÓN 28: INTERFAZ DE EASYWMS BASIC. FUENTE: (MECALUX 2019).....	55
ILUSTRACIÓN 29: SOFTWARE EASYWMS. FUENTE: (MECALUX 2019).....	58
ILUSTRACIÓN 30: ESTABLECIMIENTO DE COMPATIBILIDAD PREVIO A LA INSTALACIÓN DEL SOFTWARE.....	63
ILUSTRACIÓN 31: PROCESO DE INSTALACIÓN DE EASYWMS BASIC.....	64
ILUSTRACIÓN 32: PESTAÑAS PRINCIPALES PARA LA CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE.....	64
ILUSTRACIÓN 33: SELECCIÓN DE IDIOMA EN EASYWMS BASIC.....	65
ILUSTRACIÓN 34: ACUERDO DE LICENCIA DE USUARIO FINAL.....	65
ILUSTRACIÓN 35: ELECCIÓN DEL TIPO DE INSTALACIÓN DESEADA.....	66
ILUSTRACIÓN 36: ELECCIÓN DEL MODO DE CONFIGURACIÓN DE EASYWMS BASIC.....	66
ILUSTRACIÓN 37: CREACIÓN DE USUARIO ADMINISTRADOR.....	67
ILUSTRACIÓN 38: INFORMACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN.....	68
ILUSTRACIÓN 39: PARÁMETROS NECESARIOS PARA LA CREACIÓN DEL ALMACÉN.....	68
ILUSTRACIÓN 40: ELECCIÓN DE LA FORMA DE COLOCAR EL STOCK EN EL ALMACÉN.....	69
ILUSTRACIÓN 41: DESHABILITACIÓN DE LA COMUNICACIÓN CON SISTEMAS INFORMÁTICOS EXTERNOS.....	70
ILUSTRACIÓN 42: FORMATOS DE ETIQUETAS DE CÓDIGOS DE BARRAS.....	70
ILUSTRACIÓN 43: USO DE TERMINALES DE RADIOFRECUENCIA DESHABILITADOS.....	71
ILUSTRACIÓN 44: CONFIGURACIÓN DE LAS ZONAS DE ALMACENAMIENTO.....	72
ILUSTRACIÓN 45: PARAMETRIZACIÓN DE LA ESTANTERÍA ENTMON01.....	73



ILUSTRACIÓN 46: ESTANTERÍAS DE LOS PUESTOS 1,2,3,4 DE LA LÍNEA DE MONTAJE .....	73
ILUSTRACIÓN 47: PARAMETRIZACIÓN DE LAS ESTANTERÍAS DE LOS PUESTOS 1,2,3,4 DE LA LÍNEA DE MONTAJE .....	74
ILUSTRACIÓN 48: MODIFICACIÓN DEL SEGUNDO NIVEL DE LAS ESTANTERÍAS .....	75
ILUSTRACIÓN 49: PARAMETRIZACIÓN ESTANTERÍA DEL PUESTO 5 DE LA LÍNEA DE MONTAJE .....	76
ILUSTRACIÓN 50: MESAS CON PRODUCTO INTERMEDIO ENTRE LOS PUESTOS DE LA LÍNEA DE MONTAJE.....	76
ILUSTRACIÓN 51: PARAMETRIZACIÓN DE LOS STOCKS INTERMEDIOS DE LA LÍNEA DE MONTAJE .....	77
ILUSTRACIÓN 52: PARAMETRIZACIÓN DE PRODFIN.....	77
ILUSTRACIÓN 53: CONFIGURACIÓN EXPED01 .....	78
ILUSTRACIÓN 54: LAYOUT DE LA LÍNEA DE MONTAJE.....	78
ILUSTRACIÓN 55: PARAMETRIZACIÓN DE LA ESTANTERÍA RECEP01 .....	79
ILUSTRACIÓN 56: PARAMETRIZACIÓN PRODINI .....	79
ILUSTRACIÓN 57: ESTANTERÍAS REALES LINMON05 Y LINREC01 .....	80
ILUSTRACIÓN 58: PARAMETRIZACIÓN DE LAS ESTANTERÍAS DE LOS PUESTOS 2,3,4,5 DE RECICLADO .....	81
ILUSTRACIÓN 59: PARAMETRIZACIÓN DE LOS STOCKS INTERMEDIOS DE LA LÍNEA DE RECICLADO .....	81
ILUSTRACIÓN 60: PARAMETRIZACIÓN DE LA ESTANTERÍA EXITRE01 .....	82
ILUSTRACIÓN 61: LAYOUT DE LA ZONA DE RECICLADO .....	82
ILUSTRACIÓN 62: STOCK DE ENTRADA Y DE SALIDA DE LA ZONA DE MECANIZADO INMECA01/OUMECA01 .....	83
ILUSTRACIÓN 63: PARAMETRIZACIÓN DE INMECA01 .....	83
ILUSTRACIÓN 64: PARAMETRIZACIÓN DE OUMECA01 .....	84
ILUSTRACIÓN 65: PULMONES STKMEC01 Y STKMEC02.....	84
ILUSTRACIÓN 66: PARAMETRIZACIÓN DE LAS ESTANTERÍAS STKMEC01 Y STKMEC02.....	85
ILUSTRACIÓN 67: LAYOUT DE LA ZONA DE MECANIZADO.....	85
ILUSTRACIÓN 68: LAVADORA EN PRODUCCIONES 1 Y 2 .....	86
ILUSTRACIÓN 69: PARAMETRIZACIÓN DE LA LAVADORA.....	86
ILUSTRACIÓN 70: PARAMETRIZACIÓN DE INLAVA Y OUTLAVA .....	87
ILUSTRACIÓN 71: PARAMETRIZACIÓN DE CARRO01 Y CARRO02 .....	88
ILUSTRACIÓN 72: CONFIGURACIÓN DEL CARRO CARRO03 .....	89
ILUSTRACIÓN 73: LAYOUT DE LAS ESTANTERÍAS EN EASYWMS.....	89
ILUSTRACIÓN 74: CREACIÓN DE MUELLES .....	90
ILUSTRACIÓN 75: PARAMETRIZACIÓN DE LA RUTA DE UBICACIÓN .....	91
ILUSTRACIÓN 76: ESTABLECIMIENTO DE LAS NORMAS DE UBICACIÓN.....	92
ILUSTRACIÓN 77: RUTA DE PICKING EN EASYWMS .....	92
ILUSTRACIÓN 78: REGLAS GENERALES DE PICKING .....	93
ILUSTRACIÓN 79: FIN DEL PROCESO DE CONFIGURACIÓN DEL ALMACÉN .....	93
ILUSTRACIÓN 80: PROCESO DE ENTRADA AL SISTEMA UNA VEZ CREADA LA ORGANIZACIÓN .....	94
ILUSTRACIÓN 81: PANTALLA DE INICIO DE EASYWMS BASIC .....	94



## **LISTADO DE TABLAS**

TABLA 1: COMPARATIVA ENTRE LOS DIFERENTES SGA .....	59
TABLA 2: HORAS EFECTIVAS ANUALES .....	99
TABLA 3: SEMANAS EFECTIVAS ANUALES .....	100
TABLA 4: COSTES DE PERSONAL .....	100
TABLA 5: AMORTIZACIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL DESARROLLO .....	100
TABLA 6: AMORTIZACIÓN DE LOS BIENES USADOS EN LA IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO.....	101
TABLA 7: COSTES DE MATERIAL CONSUMIBLE.....	102
TABLA 8: COSTES INDIRECTOS.....	102
TABLA 9: HORAS DE CADA MIEMBRO EN LAS DIFERENTES ETAPAS .....	102
TABLA 10: COSTES ASOCIADOS A LA FASE 1 .....	103
TABLA 11: COSTES ASOCIADOS A LA FASE 2.....	103
TABLA 12: COSTES ASOCIADOS A LA FASE 3.....	104
TABLA 13: COSTES ASOCIADOS A LA FASE 4.....	104
TABLA 14: COSTES ASOCIADOS A LA FASE 5.....	105
TABLA 15: COSTE TOTAL DEL PROYECTO .....	105



**Trabajo de Fin de Máster**  
**Francisco Javier Sánchez Nava**





## RESUMEN

La Escuela Lean es un espacio gestionado por Renault - Nissan Consulting, cuyo objetivo es ofertar a sus alumnos una formación basada en el Lean Manufacturing. Su metodología consiste en mostrar, a través de diferentes simulaciones de producción, cuál ha sido la evolución histórica que ha experimentado la industria, y cuál ha sido el resultado de la aplicación de la metodología Lean sobre esta.

Sumado a esto, a lo largo del desarrollo del Máster de Logística se ha hablado acerca de la utilidad de los sistemas de gestión de almacenes para controlar todos los movimientos de mercancías existentes en una empresa. Este tipo de software es utilizado en la mayoría de las empresas inmersas en la conocida como industria 4.0, y suponen una mejora notable para la gestión de las empresas.

De la unión de ambas ideas, surge este trabajo de fin de máster, cuyo objetivo último es traer a la Escuela Lean un modelo actualizado de gestión de los inventarios, que pueda servir para los alumnos para entender su importancia en el mundo industrial, y, a su vez, pueda servir de guía para iniciarse en el uso de este tipo de programas.

No obstante, este proyecto es también una base de partida para futuras implementaciones e ideas que los próximos alumnos de la escuela quieran desarrollar, que permitirán a este espacio actualizarse y adaptarse a las tecnologías utilizadas actualmente en las empresas.

**Palabras clave:** Escuela Lean, gestión de almacenes, SGA, formación, Lean, ERP.



**Trabajo de Fin de Máster**  
**Francisco Javier Sánchez Nava**



## ABSTRACT

Lean School is the Renault – Nissan Consulting’s space dedicated to the teaching of Lean Manufacturing philosophy through the simulation of different historical ways of production of the 19<sup>th</sup>-20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> centuries. This simulation is done in a kind of small factory where the pupils can see directly from their own workstation the problems and the inconveniences of every single way of production.

Furthermore, in this master’s degree in Logistics, we have been taught about using warehouse management systems in order to control the plenty of movements of the materials through the warehouse. This software is used globally by most of the companies that belong to the 4.0 Industry movement, and they are a massive improvement in the global management of the resources.

So due to these facts, the idea of this project appears, trying to reach the final objective of bringing the nowadays’ way of warehouse management. Also, this document tries to be both a manual for new WMS users and a remark of the importance that this kind of software have in the 21<sup>st</sup> century companies.

Besides, this project pretends to be the basement for the future improvements related with the Lean School, in order to update and adapt this space to the nowadays’ way of working.

**Keywords:** Lean School, warehouse management, WMS, Lean, ERP.



**Trabajo de Fin de Máster  
Francisco Javier Sánchez Nava**



## LISTADO DE ACRÓNIMOS

ERP: Enterprise Resource Planning

WIP: Work In Progress

JIT: Just In Time

JIS: Just In Sequence

SGA: Sistema de Gestión de Almacenes

RFID: Radio Frequency Identification

WMS: Warehouse Management System

MRP: Material Requirement Planning

RNC: Renault Nissan Consulting

SMED: Single Minute Exchange of Die

FIFO: First In First Out

LIFO: Last In First Out

FEFO: First Expired First Out

ASN: Advanced Shipping Notifications

EAN13: European Article Number



**Trabajo de Fin de Máster**  
**Francisco Javier Sánchez Nava**



# **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**



**Trabajo de Fin de Máster**  
**Francisco Javier Sánchez Nava**





## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Motivación**

Este proyecto supone el final de mis estudios del Máster de Logística, y en él concibo una oportunidad para aplicar parte de los conocimientos adquiridos a lo largo del mismo, así como para aprender nuevas técnicas que, con total seguridad, serán de utilidad a lo largo de mi vida laboral.

Unido a todo esto, la idea de parametrizar un sistema de gestión de almacenes para la Escuela Lean puede ser provechosa también tanto para los futuros estudiantes del Máster de Logística como para los alumnos de los cursos impartidos por el grupo Renault-Consulting.

Esto se debe a que, en primer lugar, es un buen ejemplo para la asignatura de “Almacenaje y Manutención” impartida por Manuel Mateo, puesto que en ella se habla de los diferentes modelos de almacenes en función de diferentes factores, como las necesidades de la empresa o la actividad de la misma. En la actualidad, la mayoría de las empresas utilizan sistemas ERP que integran la totalidad de la actividad de la empresa. La adición de un módulo de gestión de almacenes es una tendencia al alza, puesto que permite realizar un control exhaustivo tanto del almacén en conjunto como de la pieza y de su trazabilidad, lo que nos permite gestionar de manera simultánea los niveles de stock, necesidades de la planta, expediciones o el WIP. Esta herramienta es un claro ejemplo de cómo la mayoría de las empresas han evolucionado hacia una política de fabricación JIT / JIS, lo cual se analiza y se estudia en dicha asignatura.

Por otro lado, de forma muy similar, en la Escuela Lean pretende enseñarse a los alumnos cómo ha evolucionado la forma de producir de las fábricas desde la segunda mitad del siglo XX. Aunque se analizará esto más adelante, como su propio nombre indica, esta escuela pretende enseñar la importancia de la aplicación de un sistema Lean a una empresa, demostrando de manera práctica cuáles son las principales ventajas obtenidas del mismo. Por ello, la integración de un SGA permitiría demostrar de una manera práctica a los alumnos la importancia del control de los inventarios o piezas en proceso, entre otros. Además abre la puerta a la integración de nuevas tecnologías en la fábrica: lectura de códigos de barras, códigos QR o sistema RFID para la gestión de los diferentes almacenes de la fábrica que alberga la escuela.

Por lo tanto, por todos estos motivos encuentro el proyecto como una gran plataforma de despegue para futuras modificaciones técnicas a realizar en la Escuela Lean, así como una oportunidad idónea de aprendizaje, tanto para mí, a través de su realización, como para los futuros alumnos del Máster, que contarán con un ejemplo práctico de la aplicación de un sistema de WMS.

## 1.2. Estado de la técnica

Hoy en día, existe una gran oferta de sistemas de gestión de almacenes, los cuales dependen tanto de las diferentes necesidades que tengan las empresas, como del sistema ERP en el que pretenda integrarse el módulo WMS. Es de sumo interés que estos softwares estén a su vez interrelacionados con programas de control logístico y de transporte, de manera que se tenga un control absoluto sobre el movimiento y el almacenaje de la mercancía.

En la Ilustración 1: funcionalidad y flujo de información en un WMS. Fuente: se pueden observar todas las funcionalidades que ofrece un SGA actual:



Ilustración 1: funcionalidad y flujo de información en un WMS. Fuente: (WAP Shanghai 2019)

Como se puede observar en el diagrama, los actuales WMS no sólo buscan controlar las actividades de movimiento de mercancías básicas, sino que tratan de proveer al usuario de información de manera constante, así como de integrar nuevas tecnologías y de facilitar el trabajo a los operarios: pistolas de lectura de códigos de barra, conexión vía WiFi con las carretillas, impresoras y terminales de los operarios, de manera que los movimientos de la mercancía puedan ser controlados de manera prácticamente automática. No obstante, se profundizará en este tema en el capítulo dedicado al estudio de los SGAs.



### **1.3. Objetivos**

La creación de este proyecto busca cumplir con un objetivo principal: la parametrización del sistema de gestión de almacenes EasyWMS de Mecalux para los almacenes de la Escuela Lean del grupo Renault-Consulting. De esta manera, será posible utilizar este software en la formación de los alumnos, siendo conscientes así de los beneficios y las posibilidades que ofrece el uso de un sistema de gestión de almacenes.

En el proceso de consecución de este objetivo principal se desarrollarán a su vez los siguientes sub-objetivos:

- Aprendizaje del uso de sistemas de gestión de almacenaje, de cara a un posible uso futuro en el ámbito profesional.
- Análisis y elección de un SGA: comparativa entre los diferentes softwares existentes, ventajas e inconvenientes.
- Creación de un documento guía que los alumnos de la Escuela puedan utilizar tanto en la propia formación presencial como a posteriori, a modo de manual, de cara a realizar la parametrización de otros espacios o aumentar el alcance del trabajo aquí realizado.
- Conocer el funcionamiento de los procesos productivos de la Escuela Lean para poder parametrizar un SGA adaptado a los mismos.
- Realización de propuestas de mejora para la Escuela Lean, basadas en la implementación del SGA.

### **1.4. Alcance**

El campo de desarrollo existente detrás de la implantación de un SGA en una empresa es prácticamente ilimitado, puesto que un software WMS permite controlar cualquier tipo de movimiento de material que haya en un almacén, controlar las recepciones y expediciones, o los stocks, entre otros.

En este trabajo se va a analizar cuáles son las diferentes alternativas en lo que respecta a sistema de gestión de almacenes, cuáles son los más apropiados y por qué, y, tras elegir uno, se configurará para la Escuela Lean. Para ello se utilizará la disposición actual de estanterías para el producto del solectrón, como se verá más adelante en el proyecto.

No obstante, este proyecto deja las puertas abiertas para futuras modificaciones y ampliaciones, que se analizarán en el último capítulo del trabajo, pero que se basan en la aplicación tanto de sistemas de gestión integral de la empresa (ERP/MRP) como de tecnologías aplicadas a la gestión de almacenes (RFID, códigos de barras).



### **1.5. Estructura del trabajo**

Este trabajo se va a dividir en seis capítulos, además del capítulo de introducción en el que nos encontramos, de la siguiente manera:

- Capítulo 2: Escuela Lean. En este apartado se analizará qué es la Escuela Lean, con unos breves antecedentes históricos. También se analizarán cuáles son los productos utilizados en las formaciones, así como su proceso productivo, centrándose sobre todo en el solectrón, que fue el producto con el que se realizó la formación presencial.
- Capítulo 3: gestión de almacenes. En el desarrollo de este capítulo se definirá este concepto y se hablará acerca de los diferentes SGA disponibles en el mercado, analizando algunos de ellos, realizando una comparativa y determinando por qué se ha escogido EasyWMS para este proyecto.
- Capítulo 4: parametrización en EasyWMS. Como su propio nombre indica, en este capítulo se indicará paso a paso como se ha realizado la parametrización en el software de Mecalux.
- Capítulo 5: estudio económico. Breve análisis financiero del coste de implementación del sistema WMS en la empresa.
- Capítulo 6: conclusiones y aplicaciones futuras. Resumen de los conocimientos adquiridos en la realización del trabajo y estudio de las posibilidades derivadas de la implementación del SGA, que puedan ser desarrolladas por compañeros del máster en futuros trabajos.

Todo este desarrollo se acompañará, al final, de una biografía en la que se recopilarán todas las fuentes de información utilizadas en la creación del proyecto de fin de máster.

### **1.6. Metodología**

Para realizar el proyecto de una manera ordenada y adecuada, se dividirá su ejecución en las siguientes etapas diferenciadas:

#### **Primera etapa**

- A lo largo de esta fase se buscará reunir la información necesaria, respondiendo a las principales preguntas que lo rodean: ¿Qué es la filosofía Lean Manufacturing? ¿Qué es la Escuela Lean? ¿Qué es un WMS? ¿Para qué se utiliza? ¿Cuáles son sus beneficios? ¿Cómo implantar este sistema? ¿Cuál es el coste de implantar un SGA en una empresa?

#### **Segunda etapa**

- El trabajo a realizar en esta etapa consistirá en redactar un índice detallado de todos los puntos a tratar en el proyecto, para, posteriormente, utilizar la información reunida en la primera etapa de manera precisa, dando respuesta a las preguntas propuestas en la anterior fase.



### **Tercera etapa**

- Redacción del documento, elaboración de la bibliografía y extracción de las principales conclusiones de la realización del proyecto.



**Trabajo de Fin de Máster**  
**Francisco Javier Sánchez Nava**



## **CAPÍTULO 2: LA ESCUELA LEAN**



**Trabajo de Fin de Máster**  
**Francisco Javier Sánchez Nava**



## 2. LA ESCUELA LEAN

### 2.1. Historia, definición y objetivos

Antes de entrar en la descripción detallada acerca de qué es la Escuela Lean, es necesario contextualizar el origen de esta, así como la procedencia de la colaboración entre esta institución y la Universidad de Valladolid.

La Escuela Lean es un espacio perteneciente a la empresa Renault-Nissan Consulting, la cual forma parte del grupo Renault-Nissan-Mitsubishi. Esta consultora se dedica tanto al análisis de personal como de procesos, de manera que llegue a definir la estrategia a seguir para las empresas que contraten sus servicios, que pueden estar relacionadas con el grupo Renault o ser externas. La presencia de RNC en 7 países y su experiencia de más de 20 años en el sector, avalan su capacidad de intervención en las empresas, la cual se basa en el uso de herramientas de mejora continua.

Desde el 2004, Renault-Nissan Consulting y la Universidad de Valladolid han mantenido una relación cooperativa a través de diversos programas de formación, tanto a nivel universitario como profesional, a través de la creación de un programa de becas para los alumnos egresados en esta universidad. Sin embargo, no es hasta diez años más tarde, en 2014, cuando se crea la más importante de las colaboraciones entre ambas instituciones: la Escuela Lean.



**Ilustración 2: espacio de la Escuela Lean. Fuente: (Renault - Nissan Consulting 2018)**

La Escuela Lean es un espacio de 300 m<sup>2</sup> situado en la sede Francisco Mendizábal de la Escuela de Ingenieros Industriales. En esta aula, a través de un desembolso de aproximadamente 400.000 € se creó una simulación de un entorno industrial, cuyo objetivo es enseñar a los alumnos mediante el método “learning by doing”. Esto implica



que, aunque el alumno recibe una pequeña formación teórica, centra sus esfuerzos en el desarrollo de la actividad práctica, la cual se describirá más adelante.

Mediante esta práctica, se pretende instruir a los alumnos en la técnica de producción JIT, viendo cuál ha sido la evolución que ha seguido la forma de producción a lo largo del siglo XX, y aplicando algunas de las herramientas del Lean Manufacturing. Tanto es así, que esta escuela no solo destina su formación a los alumnos universitarios, sino que la mayoría de Jefes de Departamento y rangos superiores que trabajan dentro del grupo Renault-Nissan-Mitsubishi están obligados a realizar este curso. De esta manera, se pretende concienciar de la necesidad incipiente que existe en el mundo empresarial actual de aplicar políticas de JIT/JIS y Lean Manufacturing, y más especialmente cuando se habla del sector de la automoción. (Renault - Nissan Consulting 2018) (Efe Economía 2014) (El Norte de Castilla 2014)

## 2.2. Producto fabricado en la Escuela Lean

Para realizar esta simulación de un entorno de fabricación en la Escuela Lean, existen dos productos diferentes: el coche y el solectrón. En el desarrollo de este trabajo se va a parametrizar únicamente los almacenes y procesos de fabricación de este último, puesto que en la formación impartida fue el producto utilizado. No obstante, independientemente del producto, la estructura de la formación es la misma: un cliente establecerá un nivel de demanda y un plazo de entrega determinado, y los alumnos deberán hacer frente a los problemas derivados de la fabricación. Además, el proceso se irá tensando de manera que sean necesarias realizar modificaciones en la organización del proceso productivo para satisfacer las necesidades finales del cliente.

### 2.2.1. Coche

Este es el primero de los dos productos utilizados en la Escuela Lean para realizar la formación en producción JIT. A pesar de que este trabajo se centrará en la parametrización de los almacenes para el proceso productivo del solectrón, es interesante conocer el funcionamiento de la fábrica para este otro producto, puesto que a posteriori sería posible configurar el software WMS también para estos coches.



Ilustración 3: coches fabricados en la Escuela Lean

Como se puede observar en la Ilustración 3, el cliente puede elegir entre tres tipos de coche: pick-up, monovolumen y todoterreno. Cabe destacar que la diferencia entre el monovolumen y el todoterreno es bastante pequeña, puesto que radica principalmente en las ruedas, además de algunas piezas de tornillería.

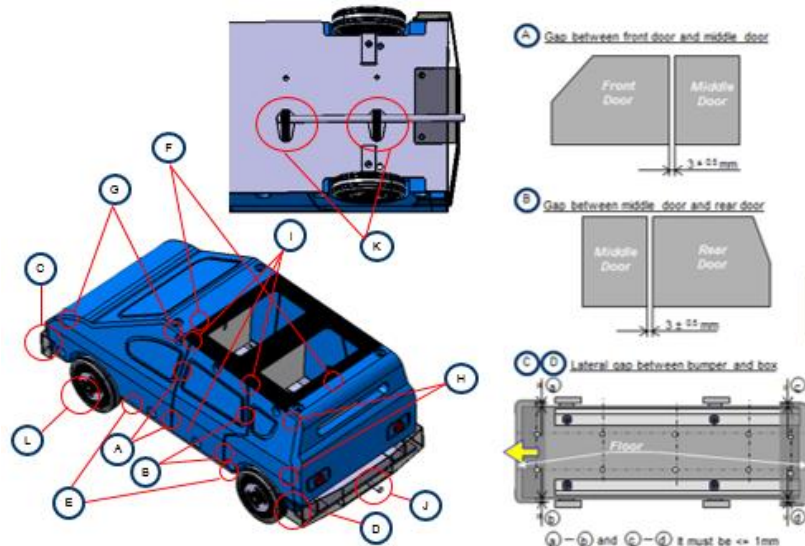


Ilustración 4: piezas que componen el coche

En esta formación, como veremos a continuación con el solectrón, el objetivo es formar al operario en la búsqueda de valor dentro del puesto, de manera que se reduzcan los desperdicios. Para ello se utilizarán herramientas del Lean Manufacturing, entre las que se encuentran algunas de las expuestas en el anterior capítulo, como es el caso de las 5S's, herramientas de gestión visual o la estandarización del proceso.

Dado que en este modelo productivo existe cierta variabilidad en el producto final, se buscará formar a los alumnos en la técnica SMED, para amortiguar el impacto del cambio de utillaje o de ráfaga. Esto se debe a que uno de los mayores despilfarros que pueden encontrarse en una fábrica es el tiempo dedicado a cambiar de herramientas en función del tipo de producto.

En definitiva, en esta producción se buscan objetivos muy similares a los planteados en la producción del solectrón: ser capaces de analizar el valor de cada puesto, eliminar los desperdicios que aparezcan en la producción, y organizarla de manera eficiente, de manera que se pueda satisfacer la demanda del cliente. Además, el alumno aprenderá conceptos básicos sobre la seguridad y la ergonomía en el puesto de trabajo, siendo así consciente de la importancia que tienen estos conceptos en el día a día de los operarios.

### 2.2.2. Solectrón

En este apartado se estudiará en detalle el proceso de fabricación de los solectrones. Como se ha comentado con anterioridad, en nuestro caso, durante la formación en la



Escuela Lean este fue el producto utilizado para realizar las simulaciones del entorno productivo.



Ilustración 5: solectrón completamente ensamblado

El solectrón es un componente formado por diferentes piezas de aluminio. Su estructura es muy sencilla: cuenta con una base, que aparece representada en la Ilustración 6, la cual puede ser de tipo A o de tipo B, y cuatro capas atornilladas sobre ella.

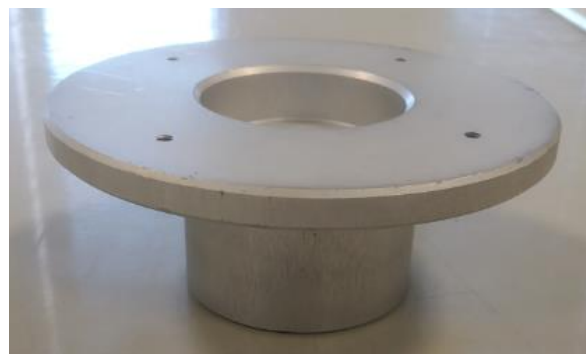
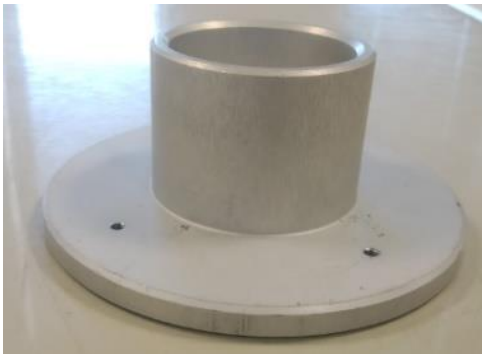


Ilustración 6: bases de tipo A y B respectivamente.

Las capas están conformadas por cuatro piezas denominadas sectores A, B, C y D, que encajan a modo de puzle, es decir, solo tienen una posición posible entre ellas. Cabe destacar que existen dos tipos de capas: el nivel verde y el azul, que corresponden a las capas 1 y 3, están compuestos por 4 piezas lisas, mientras que en los niveles amarillo y rojo, capas 2 y 4, existen además unos elementos conocidos como insertos, los cuales también cuentan con unos tornillos en los laterales para ajustar su posición.



Ilustración 7: diferentes tipos de capas del solectrón.

Así pues, el total del solectrón consta de:

- 1 base
- 16 sectores (4 de cada color)
- 16 tornillos para los sectores
- 8 insertos
- 8 tornillos para los insertos

En la Ilustración 8 puede observarse de manera esquemática la estructura del componente y su montaje:



Ilustración 8: esquema de montaje del solectrón.

### 2.3. El proceso productivo

Como se ha comentado con anterioridad, en este trabajo se va a describir el proceso productivo seguido en la Escuela Lean para la fabricación de un solectrón. Para ello es





necesario explicar previamente cuál es el sistema de aprendizaje que pondrán en práctica los alumnos.

A su llegada a la escuela, los alumnos encuentran un determinado layout para la fábrica, el cual se detallará a continuación. Durante los días de formación los alumnos realizarán un total de tres producciones, de manera que se ajusten a las condiciones del cliente. Para ello podrán modificar la distribución de la fábrica en función de sus necesidades, poniendo en práctica los diferentes conceptos aprendidos acerca del sistema de gestión JIT, buscando evitar los despilfarros y generar el máximo valor posible en la cadena productiva.

### 2.3.1. Situación inicial

En primer lugar, la disposición propuesta para la fábrica se basa en la participación en el proceso de dos empresas: Epsilon, encargada de la fabricación de los solectrones, y Recyclean, cuya función es desmontar y reciclar los componentes de los mismos. Para diferenciar ambas empresas, existen dos líneas productivas, cada una conformada por 5 puestos de trabajo diferentes.

En primer lugar, se va a analizar la línea de montaje, que corre a cargo de la empresa Epsilon. Su objetivo es satisfacer la demanda del cliente final, el cual solicita lotes de 9 solectrones. Para comenzar el proceso productivo, las bases deben de pasar por el centro de mecanizado. Estas bases pueden provenir tanto de un bloque de aluminio bruto como de la empresa Recyclean. En cualquiera de los dos casos, deben de pasar por este proceso, creando así las bases que se utilizarán posteriormente en la línea de montaje.



Ilustración 9: centro de mecanizado

Una vez que las bases se encuentran listas para su uso, un operario de logística las lleva hasta el primer puesto de producción. Allí el primer operario realizará el montaje del

primer nivel del solectrón, y este pasará a los siguientes puestos sucesivamente, de manera que siga el esquema representado en la Ilustración 10:



Ilustración 10: esquema de las operaciones realizadas en la línea de montaje

Como se puede ver, los operarios de los puestos 1, 2, 3 y 4 se encargan de realizar el montaje de los diferentes niveles. El operario del puesto 5 tiene dos funciones: en primer lugar, realiza un control de calidad de la pieza, comprobando que todos los tornillos se encuentran convenientemente apretados mediante un control acústico; posteriormente, coloca el solectrón en una de las bandejas de envío. Los lotes de 9 solectrones están compuestos por 3 bandejas, de 2, 3 y 4 huecos de capacidad. Una vez están llenas, se colocan en un carro, y cuando se han situado las 3 bandejas, se envían al cliente.

En la Ilustración 11 podemos observar una representación esquemática de la línea de montaje, en la que se puede ver como las bases proceden de la máquina de mecanizado, mientras que los sectores vienen de la lavadora perteneciente a la línea de reciclado.

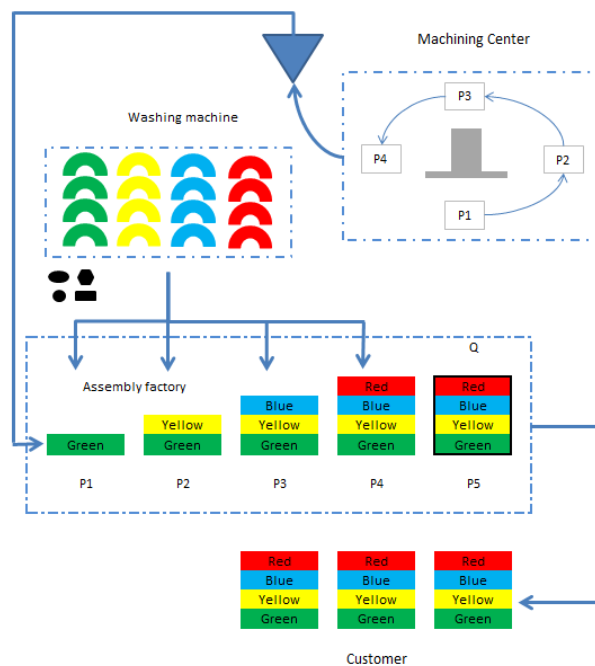


Ilustración 11: representación esquemática de la línea de producción de Epsilon



A su vez, en la Ilustración 12 encontramos una foto del estado y la disposición de la línea de montaje.



Ilustración 12: línea de montaje

Por otro lado, se encuentra la línea de reciclado, a cargo de la empresa Recyclean. De manera análoga a la línea productiva de Epsilon, el reciclado de solectrones cuenta también con 5 puestos, además de una lavadora en la que se limpian los sectores y se preparan para su abastecimiento posterior a la línea de montaje.

El proceso seguido en la línea de reciclaje es justo el contrario al de la línea de ensamblado: se reciben los solectrones en las bandejas, en lotes de 9, igual que se expidieron, y en cada puesto se desmontan los diferentes niveles del solectrón, siendo en este caso el primero el que realiza el control de calidad, de manera que se garanticen que las piezas llegan en buen estado. Una vez desmontados los solectrones, las bases se llevan a mecanizado, y los sectores a la lavadora, siguiendo el proceso descrito en la Ilustración 13:



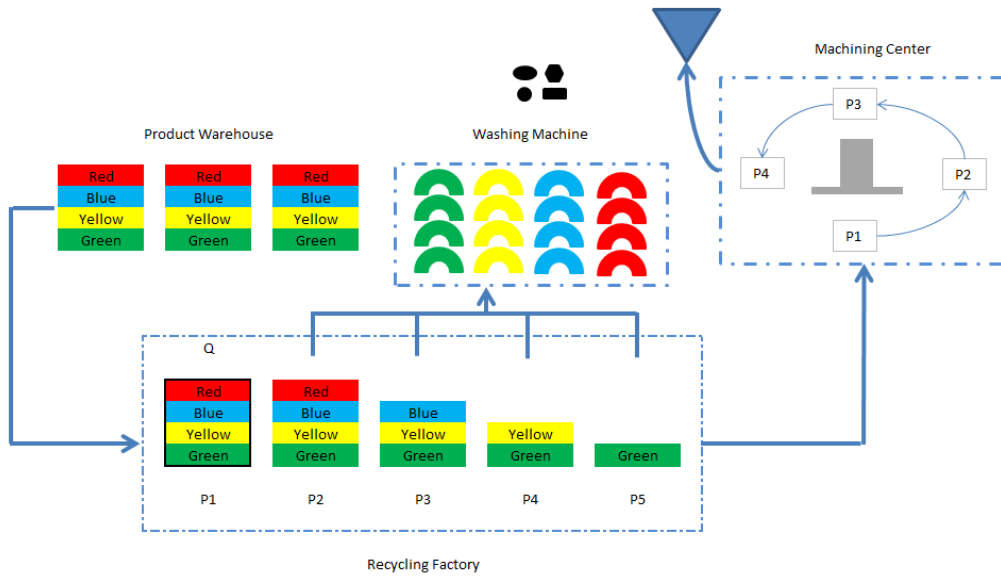


Ilustración 13: esquema de la línea de reciclado



Ilustración 14: línea de Recyclean

Tanto en la línea de producción como en la línea de reciclado los operarios cuentan con un almacén en el puesto en el que se encuentran los diferentes sectores que utilizan en las operaciones. Estos se almacenan en cajas de 6 piezas de capacidad, y están identificados con tarjetas que determinan su color y su tipo, de manera que el operario cuente con cada tipo de pieza en tan solo una calle del almacén. Las tarjetas serán el sistema utilizado para determinar la prioridad en la lavadora qué sectores es prioritario entregar en la línea de fabricación, basándose en un sistema Kanban. De esta manera, los operarios de logística aprovisionarán los sectores más necesitados en cada momento.



También la demanda del cliente vendrá expresada a través de tarjetas, donde se mostrará la información del pedido, como se puede ver en la Ilustración 15.



Ilustración 15: tarjetas para la realización de lotes

### 2.3.2. Primera producción

Para llevar a cabo esta primera producción, los alumnos parten del layout inicial, el cual se muestra en la Ilustración 16, y el único objetivo perseguido es entregar al cliente lotes de 9 solectrones, como se ha comentado con anterioridad. Además, esta primera jornada productiva carece de diversidad, por lo que todos los solectrones son exactamente iguales. Una vez concluida esta tanda, los alumnos proceden a extraer conclusiones acerca de los despilfarros o problemas que se han observado.

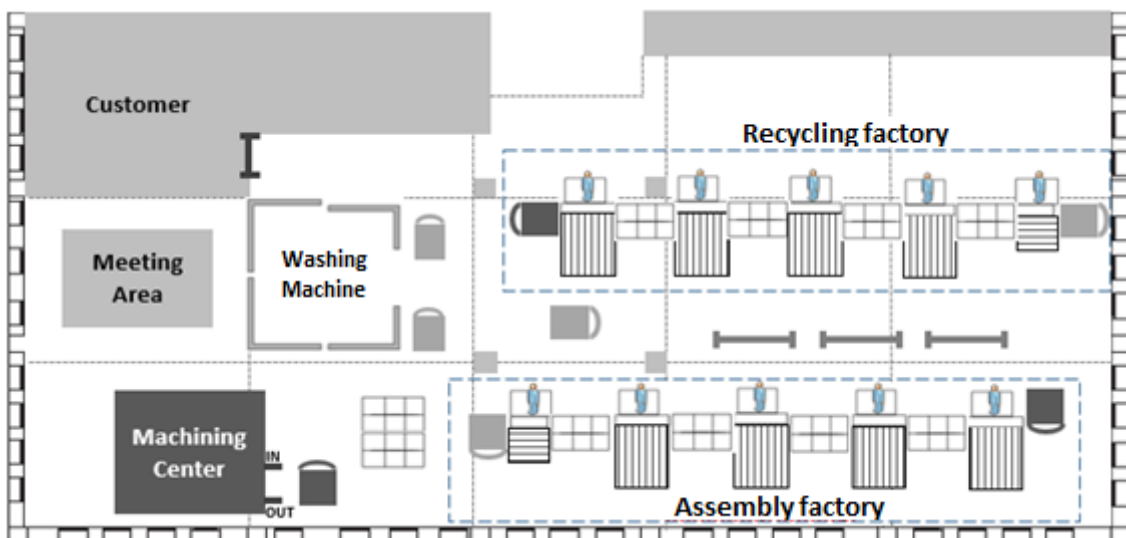


Ilustración 16: layout inicial para la primera producción



El primer problema remarcable se encuentra a nivel de línea, tanto en montaje como en reciclado, y se basa en el desequilibrio existente entre los puestos. Esto se debe a que los puestos 1 y 3, cuya función es ensamblar o desmontar, dependiendo de la línea, los niveles verde y azul, que son aquellos que cuentan con los sectores completamente lisos, cuentan con una carga de trabajo mucho menor. Sin embargo, los puestos 2 y 4, encargados de las capas roja y amarilla suponen grandes cuellos de botella, puesto que el hecho de tener que colocar los sectores y, además, los insertos, aumenta notablemente el tiempo requerido por el operario para realizar el proceso. Esto se debe a que, además de que debe realizar más operaciones, los insertos pueden ser difíciles de colocar debido a las formas geométricas de los mismos, siendo especialmente problemático el inserto hexagonal. Todo este desequilibrio se traduce, en resumen, en grandes despilfarros por esperas entre los diferentes puestos de la línea, dado que se saturan los stocks intermedios y los puestos 1 y 3 no pueden seguir fabricando piezas.

Por otro lado, a nivel global existe un enorme desequilibrio entre la línea de montaje y de reciclado, siendo el proceso de Recyclean mucho más rápido que el de Epsilon. Al ser las operaciones de montaje mucho más lentas, se genera una desincronización y una inestabilidad en las líneas que da lugar a dos problemas:

- Los encargados de la logística son incapaces de generar un ciclo de aprovisionamiento que no cause el desabastecimiento de la línea de montaje, debido tanto a sus limitaciones de capacidad como al desfase existente entre el tablero Kanban y las necesidades reales de la línea.
- Aumento considerable del Lead Time, muy por encima del takt-time del cliente, dado que el producto pasa mucho tiempo en fabricación. La empresa es incapaz de responder a las necesidades del cliente en el plazo de tiempo solicitado.

### 2.3.3. Segunda producción

Antes de comenzar esta segunda producción, es necesario plantear soluciones para los problemas que aparecieron en la primera fase. El primero de estos cambios consiste en una modificación del layout de las líneas, el cual queda como puede observarse en la Ilustración 17:

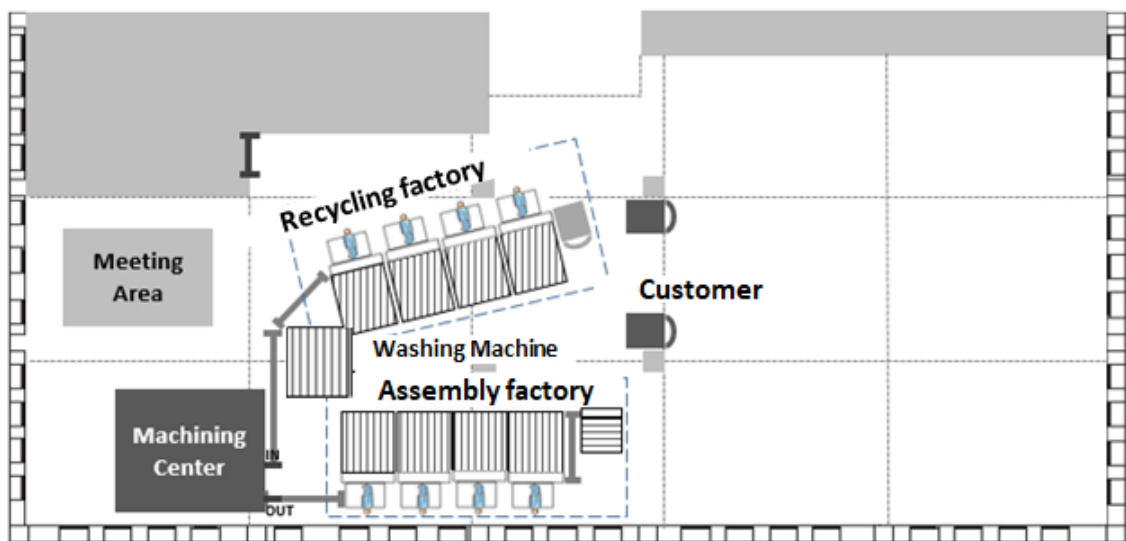


Ilustración 17: layout de la segunda producción

Como se puede observar, se ha reducido de manera radical el espacio utilizado, de manera que también se reducirán los transportes en los que incurrirá la pieza a lo largo de los procesos de montaje y reciclado. De hecho, las bases realizan los desplazamientos entre la línea de reciclado y la máquina de mecanizado, y entre la máquina de mecanizado y el inicio de la línea de montaje mediante sistemas de rodillos conocidos como Karakuris.

De la misma manera, si se observa la Ilustración 17, se puede ver cómo entre los diferentes puestos de ambas líneas han desaparecido las mesas intermedias. Esto se debe a que se ha reducido al máximo el stock entre puestos, de manera que solo puede haber una pieza de stock intermedio.

Posteriormente, se ha realizado un equilibrado de los puestos de ambas líneas, de manera que ahora cada uno, en vez de realizar el montaje de un nivel completo, realiza el montaje de cuatro sectores pertenecientes a dos niveles diferentes. En otras palabras, el operario del puesto 1 de montaje, por ejemplo, realizará el ensamblado de los sectores A y B del nivel verde y de los sectores A y B del nivel amarillo. De esta manera, todos los operarios ensamblarán 4 sectores y dos insertos, equilibrando la línea. Este equilibrado se realiza de manera análoga en la línea de Recyclean.

Además de esto, como se puede ver, se ha eliminado el puesto de calidad de ambas líneas, exigiendo a los trabajadores una inspección propia de calidad, de manera que se corrijan los defectos antes de enviar la pieza al siguiente puesto. No se aceptará ninguna pieza que contenga defectos de calidad.

Una vez aplicadas las medidas, se realiza la segunda producción. Al concluir esta es posible observar que estas han surtido efecto: se reduce el Lead Time, se reducen los stocks, las piezas en tránsito y los transportes. No obstante, sigue existiendo una gran fuente de despilfarros, que es el centro de mecanizado. Tanto en las condiciones



iniciales como en esta segunda tanda productiva, el rendimiento operativo de esta máquina es del 47,3 %. Dentro de ella se encuentran siempre 11 bases, de las cuales cuatro se encuentran realizando las etapas de mecanizado, fresado, colocación de la tapa y retirada de la tapa, mientras que el resto de las bases se encuentran en la cinta transportadora. El despilfarro operacional proviene del cambio de ráfaga, para realizar bases del tipo A o del tipo B; por ello, el objetivo de la siguiente producción será incrementar el rendimiento operacional hasta el 80%.

#### 2.3.4. Tercera producción

Para esta tercera producción, el cliente solicitará lotes unitarios, pero en este caso existirá una mayor variedad de colores para los sectores, como se puede ver en la Ilustración 18. Como uno de los objetivos principales es el de reducir desperdicios, entre los cuales se incluyen los stocks, la solución para afrontar esta nueva demanda del cliente de manera óptima pasa por modificar el modelo de producción. De esta forma, en la tercera y última tanda productiva se utilizarán kits unitarios, en lugar de ampliar la variedad de piezas disponible en las estanterías.



Ilustración 18: tarjetas para la realización de lotes unitarios

Ligado a este cambio de producción, aparecerá un nuevo rol, el de kitter, que será quien se encargará de preparar las piezas necesarias para la fabricación de un único solectrón, siguiendo las instrucciones de la demanda del cliente. De esta manera, se conseguirá una reducción efectiva de la superficie necesitada, puesto que se eliminan del todo los almacenes, a la vez que se reducirá el número de operaciones a realizar por el personal logístico. Este kit aparece representado en la Ilustración 19:

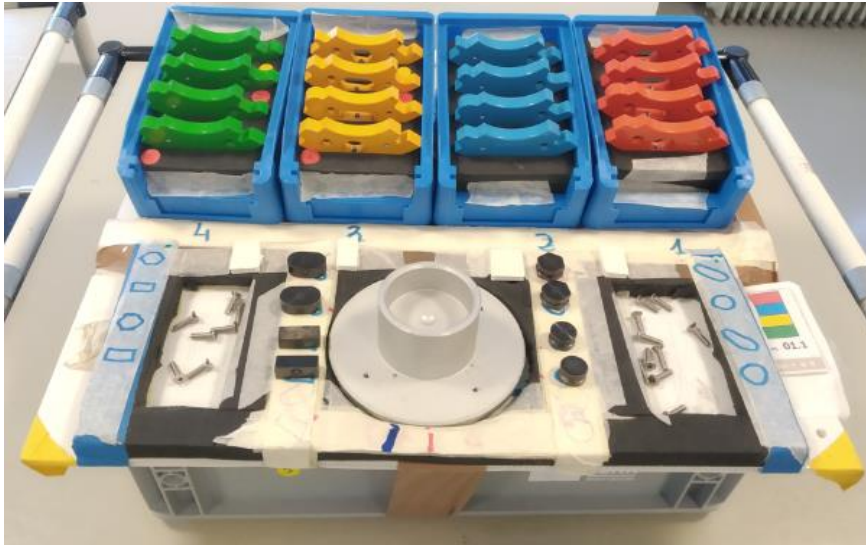


Ilustración 19: kit para la fabricación de un solectrón

La otra modificación propuesta es la de aumentar el índice de rendimiento operativo del centro de mecanizado al 80%. El gran despilfarro proviene del cambio de utillaje, operación que se realiza en 46 minutos, y la cual, tras analizarse y modificarse, se ha reducido hasta 13 minutos en total. Esto se debe principalmente a que determinados pasos del proceso se realizaban de manera secuencial, cuando podían realizarse simultáneamente.

La consecuencia directa de esta reducción de tiempos es que la máquina aumenta su capacidad de producción, de manera que se obtiene una mayor cantidad de piezas por unidad de tiempo. No obstante, esto no implica que se vayan a producir más piezas, sino que exige a ambas líneas que se sincronicen con el takt time del cliente para sacar al número de piezas exactas en el momento justo, sin generar stocks de producto terminado, y entregando, como se ha comentado anteriormente, en lotes unitarios.

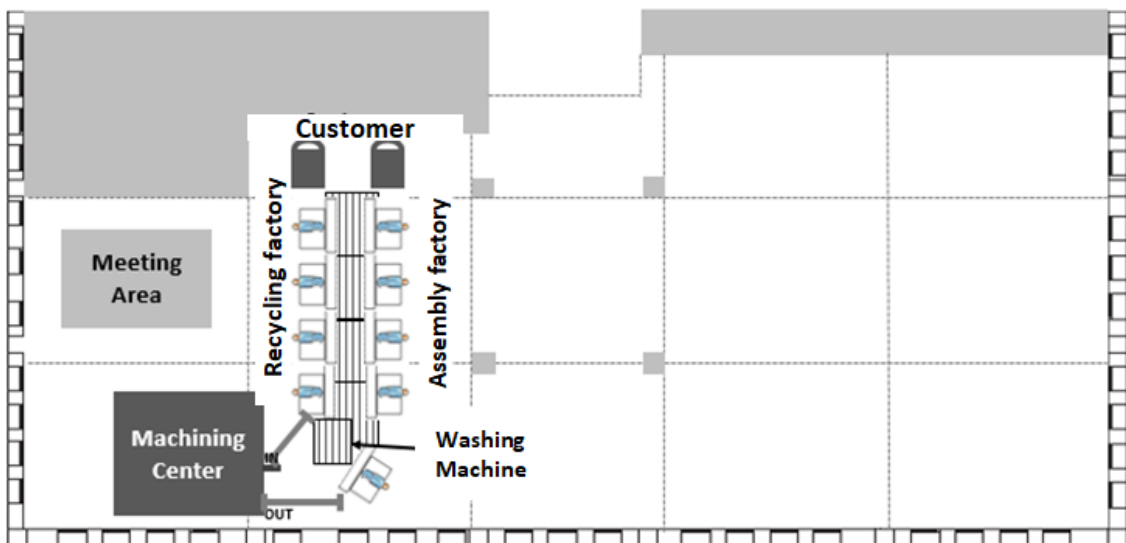


Ilustración 20: layout de la tercera producción





En la Ilustración 20 puede observarse cuál es el resultado directo de la aplicación de estas medidas: reducción del espacio utilizado, eliminación de almacenes en los puestos, sincronización de ambas líneas y reducción de los movimientos, tanto de la pieza como de los operarios.



**Trabajo de Fin de Máster**  
**Francisco Javier Sánchez Nava**





## **CAPÍTULO 3: GESTIÓN DE ALMACENES**



**Trabajo de Fin de Máster**  
**Francisco Javier Sánchez Nava**



### 3. GESTIÓN DE ALMACENES

#### 3.1. Introducción

Históricamente, los almacenes han sido considerados como centros de acumulación de materiales, un espacio que no agregaba ningún valor a la empresa; en definitiva, un coste. No obstante, los cambios introducidos por la industria asiática, en concreto la japonesa con el método lean, el desarrollo del comercio online y la transformación absoluta de la demanda del cliente hacia una mayor variabilidad y cantidad han sido factores clave para reinterpretar esta idea histórica sobre los almacenes. Debido a esta evolución, la presión situada en los encargados de la gestión de los almacenes se ha incrementado radicalmente, puesto que en la actualidad se busca un aumento de la productividad, la eficacia y la eficiencia de las operaciones diarias que ocurren dentro de este espacio. (Richards 2011)

#### 3.2. Gestión de almacenes

Para entender el concepto de la gestión de almacenes, es necesario conocer cuál es el objetivo y la necesidad de su aplicación. Por ello, se van a analizar las operaciones desarrolladas en el día a día en un almacén, las cuales pueden resumirse de la siguiente manera:

- Recepción de bienes
- Almacenamiento
- Consolidación
- Order-picking
- Empaquetado y expedición de bienes

##### 3.2.1. Recepción de bienes

Este es el primer paso dentro de la gestión de almacenes, y comienza en el momento en el que se realiza un pedido.

Una vez que se ha confirmado la orden, el proveedor debe informar al cliente de cuántas piezas le enviará y en qué fecha, tratando de ajustarse a las necesidades del cliente. La precisión en el día de entrega es algo que ha cobrado cada vez más relevancia, puesto que muchos almacenes no cuentan con una gran capacidad para recepcionar bienes. Además, se debe tratar de evitar la demora en la carga y la descarga de los camiones, y se debe procurar coordinar la entrega con la de otros proveedores para evitar la saturación de los almacenes.

A la llegada de las mercancías, los operarios deben comprobar si el contenido del manifiesto de entrega, la confirmación de envío del proveedor y la carga coinciden. También se realiza una inspección visual para determinar que el estado en el que las piezas han llegado es correcto. Si todo está en orden, se acepta el manifiesto y la entrada de material, se dan de alta los bienes en el inventario y se procede a su almacenamiento.



### 3.2.2. Almacenamiento

La asignación de la posición de los bienes en el almacén se realiza de dos maneras: manual y automática.

Cabe destacar que ambas formas de gestión del almacenamiento contemplan la posibilidad de que se trate tanto de un almacén caótico como de un almacén organizado por zonas, con ubicaciones definidas para cada tipo de producto.

En la forma de colocación manual, es el operario el que decide en qué hueco colocar el material, esté o no identificado el hueco definido para ese producto. Un ejemplo sería una estantería con tres posiciones por hueco, todas para la misma referencia. El operario podría ponerlo en cualquiera de las tres, según su criterio.

Por otro lado, en la gestión de almacenamiento automática el sistema asigna el hueco en el que la carga debe ir colocada, en función de los criterios que se hayan parametrizado en el sistema (gestión FIFO, LIFO, FEFO, etc.). De esta manera, y normalmente usando sistemas de radiofrecuencia, los operarios y carretilleros pueden colocar la carga únicamente en el hueco asignado previamente por el sistema.

Una vez que el operario ha colocado la carga, especialmente en los almacenes con organización caótica y colocación manual, se suele hacer uso de una pistola de código de barras, para leer tanto el código del producto como otro código situado en la posición de almacenaje. De esta manera, el sistema registra qué hay en cada posición, y cuando se colocó, de manera que el sistema pueda realizar gestiones posteriores, como por ejemplo realizar el picking siguiendo el criterio FIFO, de manera que el sistema indique cuál debe ser recogida en función de su antigüedad.

### 3.2.3. Consolidación

En algunos almacenes se realizan operaciones de consolidación, que consisten en el almacenamiento de pedidos de diferentes proveedores para agruparlos y realizar un pedido de mayor volumen de carga. También se utilizan entre distintas sucursales de la misma compañía para reducir costes del transporte, para completar camiones de embalajes vacíos o para realizar rutas milk-run entre distintos proveedores.

### 3.2.4. Order-picking

Este tipo de movimientos se centran en la preparación de pedidos, realizando una consolidación personalizada de un determinado grupo de artículos, o bien creando un kit de componentes que será utilizado en la construcción de una determinada pieza mayor. En este último caso, se suele denominar kitting.

El término picking hace referencia a todos aquellos movimientos de recolección de productos para la preparación de un pedido. Puede realizarse de manera manual o automática, en función del tipo de almacén del que disponga la empresa. La tendencia



actual es utilizar, por ejemplo, terminales de radiofrecuencia, que indiquen al operario qué bultos y en qué orden debe recogerlos. También se están implementando sistemas de pick-to-voice o pick-to-light, los cuales a través de señales acústicas o luminosas indican al operario qué piezas debe de recoger, y en qué orden, lo cual es especialmente útil tanto para almacenes con una alta diversidad de productos y/o con almacenamientos caóticos, como para realizar correctamente operaciones de secuenciación. Todo ello está controlado por el ERP de la empresa, así como el SGA, que, como se ha visto con anterioridad, son los encargados de gestionar la información de la ubicación de los productos.



Ilustración 21: sistema pick to light. Fuente: (Direct Industry 2020)

Traduciendo esta información al ejemplo de la Escuela Lean, el picking se utiliza, por ejemplo, en las primeras producciones: el operario situado en la lavadora era el encargado de realizar un picking de sectores en función de las necesidades determinadas por el sistema Kanban, de manera que preparaba un conjunto de piezas en función de los requerimientos de la línea. No obstante, ese conjunto de piezas no era suficiente como para construir un solectrón, puesto que, por motivos de capacidad, solo se podían incluir en el carro ocho cajas de sectores, siendo la diversidad total de dieciséis tipos de sectores.

Por otro lado, en la última producción de la escuela se puede observar un claro ejemplo de kitting, puesto que al aumentar la diversidad de producto final era necesario realizar lotes únicos.

Uno de los elementos más importantes del order picking es la definición de las rutas a seguir por el picker. Para ello hay dos factores determinantes:



- El sistema utilizado para realizar el picking: manual o automático, pick-to-light, sistema Kanban u otros.
- La estandarización del proceso: por ejemplo, al realizar un kit, es importante conocer la colocación exacta de cada una de las piezas dentro de las cajas de kitting, de manera que el picker pueda seguir la secuencia más adecuada, sin crear interferencias entre las piezas y facilitando el trabajo al operario que realice el montaje posterior.

En base a estos factores y al flujo de materiales e información, se determinan las rutas de preparación de pedido, buscando, en sintonía con la filosofía lean, reducir el volumen de los desplazamientos, y buscando una mayor eficiencia y un menor tiempo de proceso.

### 3.2.5. Empaquetado y expedición de bienes

En la zona de empaquetado los productos se preparan para su envío final. La función de la gestión de almacenes en esta área consiste en determinar cuál es la mejor opción de packaging para optimizar el volumen de la carga, procurando reducir los costes derivados del transporte de “aire”, es decir, de volumen desaprovechado. En la actualidad estos cálculos de cubicaje se suelen realizar de manera automática utilizando un software de gestión de almacenes, gracias al cual los operarios pueden preparar los diferentes bultos conforme a las recomendaciones del SGA.

Una vez que se ha determinado cuál es el embalaje más adecuado, la carga se desplaza hasta la zona de expedición. En ella, las mercancías se colocan en zonas llamadas racks, que son áreas delimitadas próximas a los muelles de carga. Generalmente los racks están organizados en función de la dirección hacia la que se expidan las mercancías, como puede observarse en la Ilustración 22.

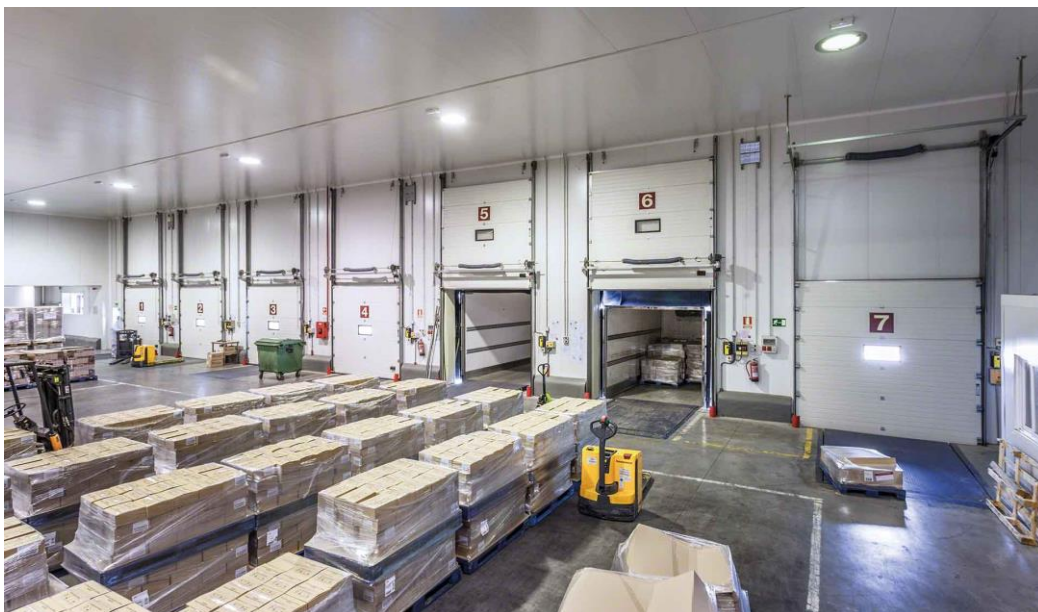


Ilustración 22: mercadería lista para expedirse frente a los muelles de carga. Fuente: (Mecalux 2019)



En definitiva, dado el aumento de la importancia, la cantidad y la complejidad de los movimientos, surge la necesidad de realizar un control exhaustivo de todos los parámetros envueltos en la cotidianidad de los almacenes, y para ello se utilizará una herramienta que a día de hoy es prácticamente indispensable en la mayoría de empresas: la gestión de almacenes. (Richards 2011) (ten Hompel 2007) (Emmett 2005) (Mulcahy y Sydow 2008)

Este concepto se define como *“un procedimiento que forma parte de la logística global de la empresa y que se dedica a la recepción, almacenamiento y movimiento dentro del mismo almacén de todos los materiales necesarios para la producción y del producto terminado hasta que llega al consumidor final”* (EAE Business School 2018).

A partir de todos los movimientos que se comentaron en el apartado anterior, así como de esta definición, se puede determinar que la finalidad de la gestión de almacenes es asegurar el abastecimiento, tanto de materias primas para la fabricación como de productos terminados para el cliente final. Sumado a todo esto, el gestor del almacén debe perseguir también los siguientes objetivos (Salazar López, Ingeniería Industrial Online 2019):

- *“Rapidez de entregas*
- *Fiabilidad*
- *Reducción de costos*
- *Maximización del volumen disponible*
- *Minimización de las operaciones de manipulación y transporte*

*De los cuales se obtendrán los siguientes beneficios:*

- ✓ *Reducción de tareas administrativas*
- ✓ *Agilidad del desarrollo del resto de procesos logísticos*
- ✓ *Optimización de la gestión del nivel de inversión del circulante*
- ✓ *Mejora de la calidad del producto*
- ✓ *Optimización de costos*
- ✓ *Reducción de tiempos de proceso*
- ✓ *Nivel de satisfacción del cliente”*

Es importante remarcar también que el término “gestión de almacenes” difiere del concepto de “gestión de inventarios”. Esto se debe a que el primero engloba al segundo, puesto que la gestión de almacenes es una actividad mucho más amplia y extensa que contempla también el control de actividades logísticas, de planificación, de aprovisionamiento o de pedidos, entre otras.





Ilustración 23: diferencias entre gestión de almacenes y gestión de inventarios. Fuente: (Polo Moya 2016)

Como se vio con anterioridad, la gestión de almacenes es la encargada de garantizar el correcto funcionamiento de todos los tipos de movimientos que se desarrollan en un almacén. De hecho, el alcance de esta actividad de gestión es aún mayor, puesto que comienza desde el propio diseño del espacio dedicado al almacenamiento. Esto es especialmente importante, puesto que un error típico en el diseño de almacenes es no dimensionarlo de acorde al tipo de elementos de manutención utilizados, de manera que se pueden dar situaciones en los que los pasillos son demasiado pequeños o grandes, haya superficie desaprovechada, estanterías vacías o incluso que no haya espacio suficiente para el volumen de stock real de la empresa. Es por ello que, como se puede ver en la Ilustración 23, la actividad de planificación no hace referencia únicamente a la previsión de los volúmenes o los movimientos, sino que se remonta al diseño de la propia superficie.

En el caso que aplica a este trabajo, la superficie ya está determinada, por lo que se buscará es implantar un sistema de gestión de almacenes que gestione todos los movimientos comentados previamente en este apartado. Además, la funcionalidad que el SGA aplicará a la Escuela Lean sobre todo se centra en la información, puesto que la actividad desarrollada en la formación es, obviamente, mucho más sencilla que la que ocurre en una empresa real, siendo aun así un buen reflejo del comportamiento de una línea de producción y de los movimientos logísticos relacionados con ella.

Así, a través de la parametrización del almacén en el sistema WMS, se priorizará la optimización del flujo de información existente en el almacén: información sobre las ubicaciones disponibles, recepciones, piezas en curso o trazabilidad de la mercancía, entre otras. (Salazar López, Ingeniería Industrial Online 2019) (EAE Business School 2018) (Polo Moya 2016) (Aldea 2017) (Richards 2011) (ten Hompel 2007) (Emmett 2005) (Mulcahy y Sydow 2008)





### 3.3. Software WMS

Como era lógico imaginar, la gestión de almacenes no se realiza de manera manual, sino que se utiliza un programa dedicado a esta función. Así, un software SGA o WMS es una herramienta informática utilizada para controlar, gestionar y optimizar todos los procesos y movimientos dentro del almacén de una empresa. Normalmente, el WMS suele funcionar en relación directa con el sistema de planificación de recursos de la empresa (ERP), siendo incluso, en ocasiones, un propio módulo de dicho sistema.

La idea es que toda la información pueda ser manipulada en base a las mismas bases de datos, sin necesidad de hacer trasvases de información de manera manual, sino utilizando siempre la base de un sistema ERP/MRP, que actúe como maestro de materiales. De esta manera, el SGA tomará la información básica del programa base, y la aplicará a la actividad del almacén. Por ejemplo, una referencia de material se crea y se modifica en el MRP, pero el WMS será el encargado de darla de alta en el almacén, determinar su ubicación, su nivel de stock, y transmitir esta información de vuelta al planificador de recursos de la empresa. En definitiva, es una relación simbiótica, donde ambas partes utilizan el flujo de información para la toma de decisiones.

Hoy en día, prácticamente todas las empresas utilizan un sistema de gestión de almacenes, debido a los enormes beneficios que este presenta, entre los que destaca la exactitud en el control de inventarios, la ayuda para la optimización del espacio o el incremento de los niveles de servicio. De esta manera, la implementación de un SGA para la Escuela Lean permitirá a los alumnos contar con un control exhaustivo y a tiempo real de los inventarios, permitiendo optimizar las operaciones de reposición de los operarios de logística, evitando así rupturas de stock, por ejemplo, en las primeras producciones.

Añadido a todo esto, el WMS permitirá a los gerentes de la Escuela Lean obtener una trazabilidad completa de los productos y de sus componentes, pudiendo detectar el origen de los errores, en caso de que estos aparezcan, de manera que se puede otorgar un sistema de atención al cliente totalmente personalizado, en función de la incidencia reportada por el mismo.

A la hora de elegir un SGA, existe una enorme variedad de softwares entre los que elegir, pero en este trabajo se van a analizar tres: Módulo WMS de SAP, Aqua Intelligent Warehouse y EasyWMS Basic. (Gieicom 2019) (Mecalux 2019) (IQMS 2016)

#### 3.3.1. SAP EWM

Con 44 años de experiencia en la creación de software, SAP es el ERP de referencia en el mundo empresarial. Cuenta en la actualidad con 320.000 clientes en 190 países, siendo así el software de planificación de recursos más utilizado hoy.



El funcionamiento de SAP se basa en la interacción de diferentes módulos, cada uno de ellos destinado a cubrir las actividades una de las áreas de la empresa. Estos módulos pueden ser adquiridos por las empresas de manera independiente, de forma que cada organización puede personalizar el software en función de sus necesidades.

Para la gestión de almacenes, SAP ha desarrollado el módulo SAP EWM (Extended Warehouse Management), el cuál a día de hoy es utilizado por más de 1.300 empresas, cubriendo un total de 3.000 almacenes por todo el mundo.

Del. Number	Date / Time	Route	TU	Carrier	Ship to	Door / Staging Area	Weight	No. of Items	Task Status	Picking Status
4500000001	Today 9:00	Berlin West	6500000001	Mayer AG	RWE Wiesloch	DD1 AD1	1.5t	51	Created	100%
4500000002	Today 9:30	Daily	6500000001	Mayer AG	RWE Wiesloch	DD2 AD2	10t	120	Partially	65%
4500000003	Today 10:00	Berlin West	6500000001	Mayer AG	RWE Wiesloch	- -	13t	60	Not created	
4500000004	Today 10:30	Mon. Fri.	6500000002	Müller GmbH	ALDUS	DD1 AD1	20t	120	Not created	
4500000005	Today 11:00	Daily	6500000002	Müller GmbH	LIDO	DD1 AD1	150t	300	Not created	
4500000006	Today 11:30	Daily	6500000002	Müller GmbH	RWE Wiesloch	- -	1.2t	20	Not created	
4500000007	Today 12:00	Berlin West	6500000003	Müller GmbH	ALDUS	DD2 AD2	0.8t	12	Not created	
4500000008	Today 12:30	Daily	6500000003	Schmidt AG	ALDUS	- -	0.3t	15	Not created	
4500000009	Today 13:00	Berlin West	6500000003	Schmidt AG	LIDO	DD1 AD1	0.2t	10	Not created	
4500000010	Today 13:30	Mon. Fri.	6500000003	Schmidt AG	LIDO	- -	11	100	Not created	
Total							198.2t			

Ilustración 24: módulo SAP Extended Warehouse Management. Fuente: (SAP 2020)

Los desarrolladores de este software explican las funcionalidades dividiéndolas en tres grandes grupos: operaciones *inbound*, almacenamiento/procesos internos y operaciones *outbound*.

- Operaciones *inbound*: SAP EWM se encarga de coordinar y procesar las siguientes operaciones de entrada de material:
  - ✓ Recepción y validación de ASNs (Advanced Shipping Notifications), los cuales son documentos en los que el proveedor informa al cliente de que ha realizado un envío, especificando el contenido del mismo.
  - ✓ Procesado y optimización de las recepciones de material.
  - ✓ Recepción automática desde la línea de producción.
  - ✓ Control del *scrap*, que son todas aquellas piezas consideradas como chatarra, bien por posibles roturas en su procesado, por problemas de calidad o por utilizarse para experimentación.
  - ✓ Desconsolidación de mercancías.
  - ✓ Gestión de las devoluciones.
  - ✓ Control y gestión de los elementos de mantenimiento.



- Almacenamiento y procesos internos: con este módulo se pueden gestionar todas aquellas actividades relacionadas con la gestión de los inventarios y movimientos de mercancía:
  - ✓ Colocación y reordenación de las mercancías
  - ✓ Organización por zonas del almacén
  - ✓ Control y recuento de inventarios
  - ✓ Verificación de la fiabilidad de los inventarios
  - ✓ Gestión de los pedidos de mercancía
  - ✓ Procesado de los conjuntos de kitting como stock
  - ✓ Facturación del almacén
  
- Operaciones *outbound*: es uno de los grandes puntos fuertes de SAP EWM, puesto que es capaz de gestionar:
  - ✓ Lanzamiento de pedidos a clientes
  - ✓ Determinación de rutas de transporte
  - ✓ Gestión de los elementos de manutención para la preparación de envíos y/o carga de mercancía
  - ✓ Gestión de las técnicas de picking/pedidos por oleadas
  - ✓ Elección de embalajes a utilizar
  - ✓ Asignación de trabajo a cada uno de los operarios del almacén
  - ✓ Picking, empaquetado y preparación del envío
  - ✓ Consumo y necesidades de la línea de producción
  - ✓ Control del *staging* de las piezas en producción
  - ✓ Envíos y documentación necesaria para la realización de estos

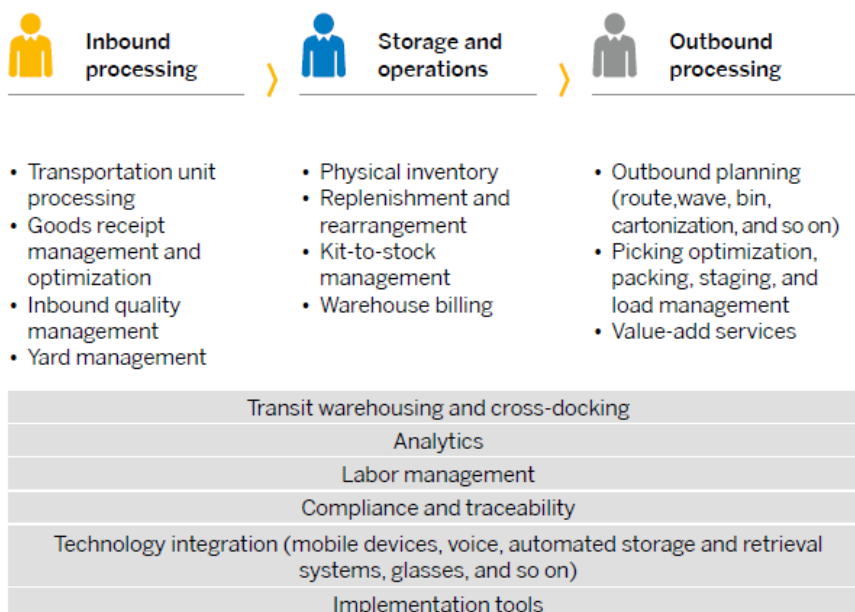


Ilustración 25: resumen de las aplicaciones de SAP EWM. Fuente: (SAP 2016)



Además de estos tres grandes grupos de funcionalidades, SAP EWM ofrece la posibilidad de integrarse con almacenes automáticos, controlando así los flujos de material de este tipo de almacenes. También ofrece la posibilidad de controlar almacenes de tránsito, es decir, aquellos situados entre la planta de origen y el destino final, lo que es especialmente útil para realizar operaciones de consolidación de mercancías o para centros de cross-docking. Cuenta además con una de las mejores integraciones con los sistemas de control a través de códigos de barras o etiquetas RFID, y una serie de aplicaciones e interfaces desarrolladas para cada uno de los puestos de trabajo dentro del almacén, las cuales mantienen informados a los operarios en cada momento del estado de los procesos en ejecución. Un ejemplo de ello es el *Transportation Cockpit*, que se puede observar en la Ilustración 26. Esta aplicación de SAP está destinada a aquellos trabajadores del almacén encargados de realizar los envíos, y les ayuda a planificar la carga del camión en función del tipo de embalaje, peso, o volumen de esta. (SAP 2016) (SAP 2020) (Soto 2018)

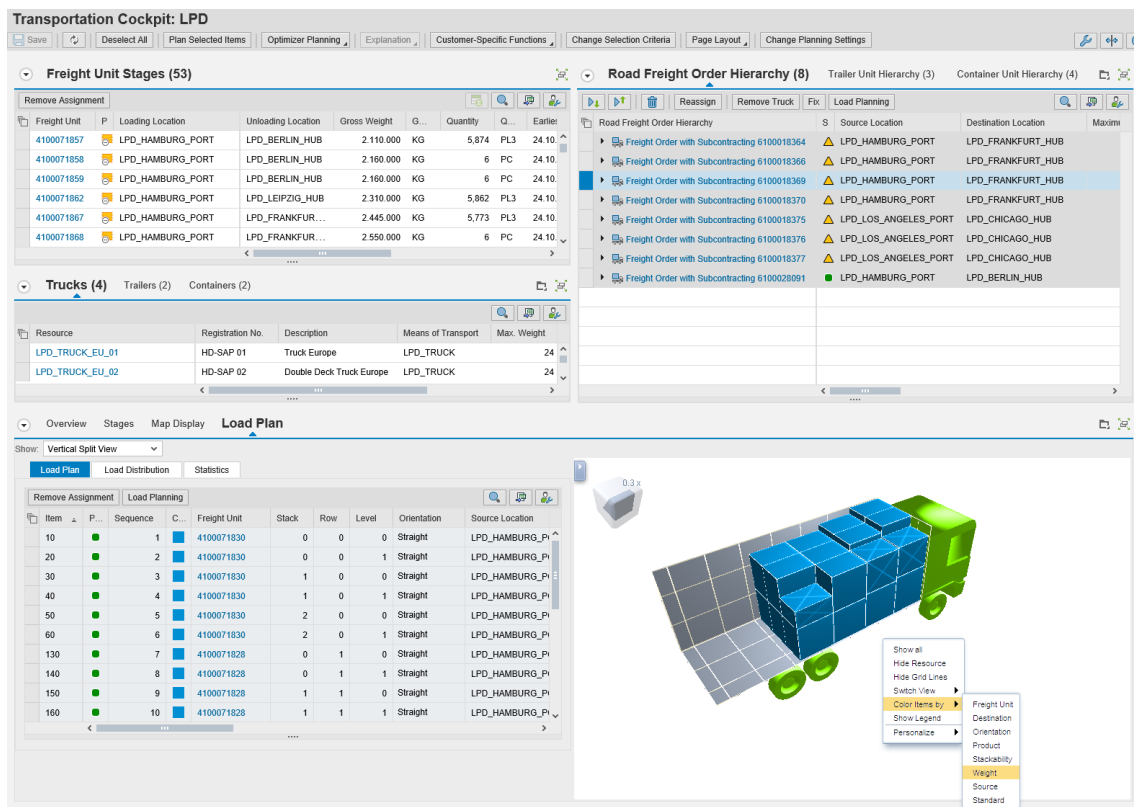


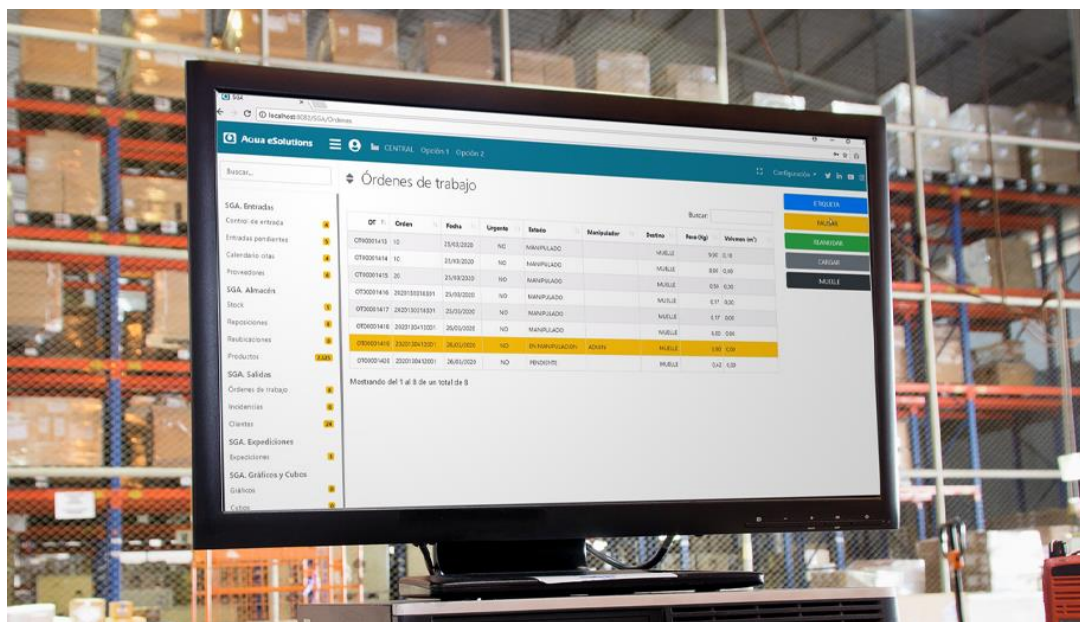
Ilustración 26: vista del *Transportation Cockpit*. Fuente: (SAP 2016)

### 3.3.2. Aqua Intelligent Warehouse.

A pesar de ser un SGA de la marca AQUA, la cual ofrece también un sistema ERP propio, este software es uno de los más versátiles, puesto que tiene la capacidad de integrarse con prácticamente cualquier ERP del mercado.

Las principales funcionalidades que aporta este software son las siguientes:

- Mapas de almacenes: este software permite la gestión del almacén por zonas, y también se adapta a almacenes parcial o totalmente automáticos. Permite crear y parametrizar las zonas de entrada y salida de material, pasillos, muelles de carga y descarga y las ubicaciones de almacenamiento. De esta manera, se busca optimizar el espacio, reducir el stock global y obtener una mayor rentabilidad del uso del almacén.
- Recursos de almacén: Aqua Intelligent Warehouse permite también hacer un control exhaustivo de todos los recursos implicados en la vida del almacén: embalajes, palets, carretillas y elementos de mantenimiento, así como la creación de diferentes perfiles de usuario, en función del rol del trabajador dentro de la organización.
- Gestión de entrada de mercancía: a través de un control exhaustivo de las operaciones de entrada, el sistema garantiza un desarrollo correcto de las actividades posteriores de almacenamiento y entrega. Para ello realizan controles de las recepciones, albaranes de entrada vs. albaranes de compra, impresión de etiquetas y calendarios de entradas.



**Ilustración 27: Aqua Intelligent Warehouse. Fuente: (Aqua ESolutions 2020)**

- Gestión y preparación de salida de mercancía: el SGA se encarga de realizar la gestión de los envíos, realizando incluso reubicaciones de la mercancía en el almacén. Se centra en cinco bloques:
  - ✓ Gestión de expediciones y envíos: control de las órdenes de trabajo, envíos prioritarios y/o especiales, entregas parciales, preparación de envíos, asignación de transportes y/o expediciones.
  - ✓ Medios de transporte: el software permite gestionar las rutas, destinos, tarifas, transportistas y realizar comparativas entre ellos con el fin de reducir los costes de transporte. Además, puede integrarse de manera total con cualquiera de los softwares de los diferentes transportistas, de





manera que permite realizar seguimientos de las expediciones en tiempo real.

- ✓ Traslados entre almacenes: *“El sistema de Gestión de Almacenes por ubicaciones SGA, Aqua Intelligent Warehouse, permite completar pedidos desde varios almacenes, repercutiendo las ventas y las compras de manera automática. Así como gestionar los traslados entre almacenes desde la propia plataforma, controlando los movimientos por albarán, dirección y delegación en la que se debe entregar la mercancía.”* (Aqua ESolutions 2020)
- ✓ Albaranes y notas de entrega: este software permite crear y modificar los albaranes y notas de entrega hasta el momento anterior a la realización del envío.
- Gestión de lotes y números de serie: el sistema permite realizar configuraciones de producto en función de las reglas de gestión que se quieran aplicar para la asignación del stock y del picking (FIFO, LIFO, FEFO...).
- Terminales de almacén: Aqua Intelligent Warehouse permite mantener una conexión constante con las bases de datos centrales, ofreciendo así la posibilidad de gestionar los productos mediante terminales RFID o EAN13 (código de barras), y realizando así su agrupación para expediciones, su almacenamiento, control de stocks, lectura en el momento de la recepción y en el de envío o reubicaciones de almacén, entre otras.
- Almacenes de picking y reposición: el software da la posibilidad de crear zonas para picking y empaquetado para cada uno de los productos, creando rutas para los operarios en función de la organización por zonas del almacén, así como de los criterios de preparación de pedidos. También permite gestionar actividades de cross-docking o paso directo, es decir, sin almacenamiento de la mercancía
- Sistema de Reporting: *“Mediante un avanzado sistema de reporting la Solución de Gestión de Almacenes por Ubicaciones de Aqua, permite realizar un seguimiento de las desviaciones ocurridas en la gestión de los almacenes respecto a sus objetivos de coste predefinidos. Al igual que de las desviaciones respecto a los objetivos prefijados de salida de pedidos, ofreciendo información detallada de todo ello. Información detallada sobre los elementos involucrados en el proceso de almacenamiento, desde los operadores internos y externos, a los palets disponibles y la rotación de productos, lo que permite ajustar aún más las previsiones de coste, y gestionar de un modo más eficiente las actividades de almacenamiento.”* (Aqua ESolutions 2020) (SoftwarePara 2019)

### 3.3.3. EasyWMS Basic

Este SGA está desarrollado por la empresa Mecalux, la cual es conocida especialmente por sus estanterías. El sistema EasyWMS Basic es una versión simplificada del software EasyWMS, y está destinado principalmente para empresas con almacenes convencionales, con una complejidad operativa relativamente baja.



De esta manera, Mecalux ofrece un software concebido para aquellas empresas que quieran probar las funcionalidades básicas que un SGA puede ofrecer a su empresa. También es un software ideal para escuelas de formación en cadena de suministro, puesto que permite enseñar de manera fácil e intuitiva a los alumnos el funcionamiento de un sistema de gestión de almacenes.

No obstante, a pesar de ser una versión reducida, este SGA sigue ofreciendo una gran variedad de funcionalidades a las que es posible acceder de una manera bastante intuitiva gracias a su interfaz, la cual puede verse en la Ilustración 28.

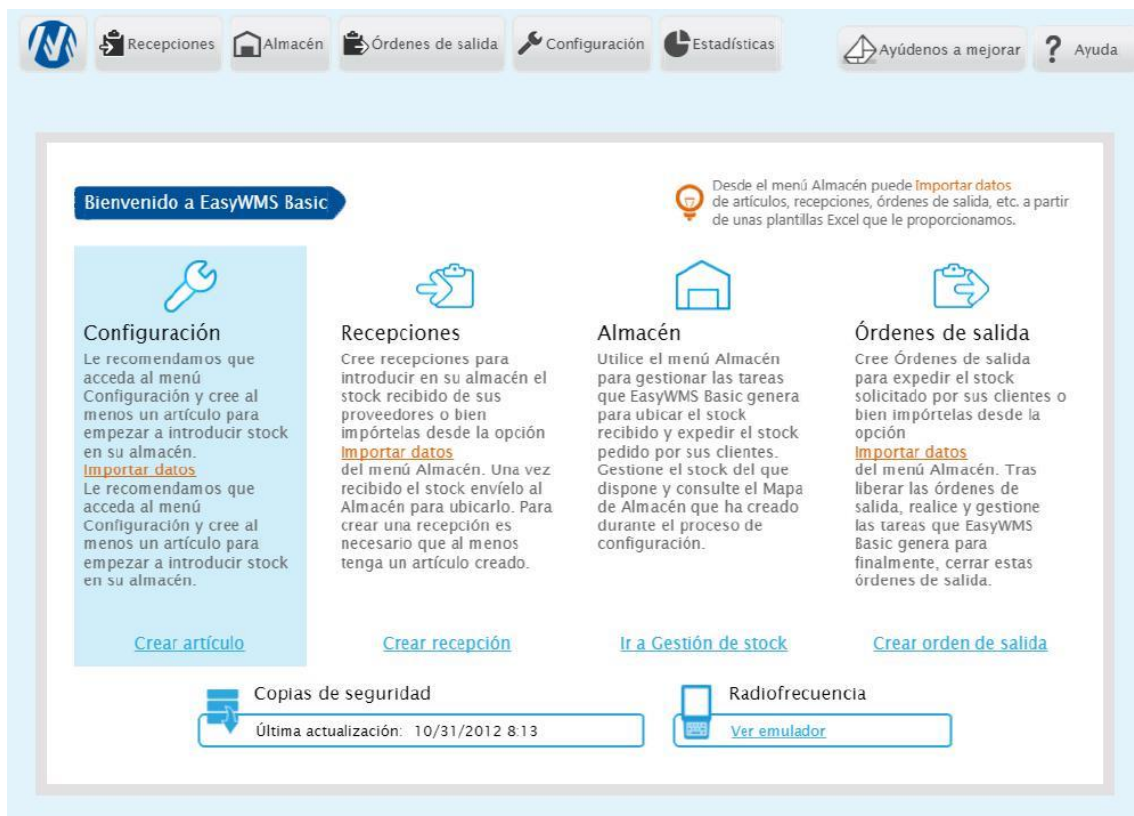


Ilustración 28: interfaz de EasyWMS Basic. Fuente: (Mecalux 2019)

Como se puede ver en la ilustración, las operaciones a realizar en EasyWMS Basic se dividen, al igual que en los softwares anteriores, en cinco grandes grupos:

- Configuración: dentro de este bloque de operaciones se encuentra tanto la parametrización inicial del almacén, que posteriormente se analizará en detalle, como la creación de artículos, proveedores, agencias o cuentas. En definitiva, este ERP da la opción al usuario de operar sin un ERP externo, puesto que estos datos pueden crearse directamente en el SGA. No obstante, en el caso de disponer de un ERP externo, también podrían importarse los datos, puesto que este software es compatible con la mayoría de los sistemas de planificación de recursos disponibles en el mercado.



- Recepciones: en esta pantalla EasyWMS nos permite crear previsiones y recepciones de stock, así como ubicar el stock tanto en ubicaciones libres como en reposición.
- Almacén: este bloque se centra sobre todo en realizar un control sobre el stock existente, a la vez que realizar operaciones inherentes al mismo, como son los movimientos de contenedores, bloqueo o desbloqueo de stocks de seguridad o modificaciones de este. También permite extraer informes de las existencias, tanto a nivel general como por lote y caducidad, de cara a gestionar con diferentes criterios el sistema de picking o de reposición de los artículos. Además, se puede obtener un mapa del almacén que permite modificar el stock disponible en cada ubicación, así como bloquear o modificar el estatus de cada una de las ubicaciones de almacenamiento disponibles. Por otro lado, el menú almacén ofrece la posibilidad de realizar importaciones de datos desde las recepciones y desde las expediciones para continuar el flujo logístico de cada pieza, así como crear y modificar las etiquetas disponibles para cada producto y embalaje.
- Órdenes de salida: engloba todo el conjunto de operaciones relacionadas con las expediciones: preparación del stock, generación de la orden de salida o devoluciones.
- Estadísticas: en este apartado, el software da al usuario información acerca de la actividad de su almacén, de manera que pueda extraer indicadores generales de la eficacia y la eficiencia con la que se gestiona el almacén.

Añadido a todo esto, este software da la posibilidad de utilizar terminales de radiofrecuencia para la identificación de artículos, gestión de picking, determinar ubicaciones de almacenamiento o expediciones, entre otras.

### 3.4. Elección de un software WMS para la Escuela Lean

Para determinar cuál es el software de gestión de almacenes que más se ajusta a las necesidades de la Escuela Lean, es necesario analizar cuáles son las principales ventajas y desventajas de cada uno de los SGAs analizados:

- SAP EWM
  - o Ventajas
    - Utiliza de software base SAP, que es un ERP muy sólido y el más utilizado en el mercado. Esto permite que el envío y la recepción de documentos (ASN, albaranes, facturas) entre proveedor y cliente sea mucho más fiable y sencilla. Al utilizar ambas partes este ERP, la integración cliente proveedor es inmediata y la información está conectada de manera prácticamente directa.
    - Tiene una gran cantidad de funcionalidades, pudiendo realizar todo tipo de operaciones relacionadas con el almacén y la gestión de stocks, además de otras muchas operaciones relacionadas directamente con la vida del almacén, como es el ejemplo del *Transportation Cockpit*. Incluso, SAP EWM ofrece la posibilidad de personalizar transacciones





para cada empresa, en caso de que se necesite cubrir otras necesidades adicionales a las que oferta SAP.

- Desventajas
  - Es un software complicado, que necesita de una formación intensiva para poder usarlo de manera correcta
  - Exige el uso de SAP como ERP base. No puede utilizar otro ERP.
  - Su precio es de aproximadamente 30.000 €/año, a lo que hay que sumar el precio por año de uso de SAP, que está alrededor de los 100.000 € anuales. Esto se debe a que no dispone de versión educativa: es necesario adquirir la licencia de uso estándar.
  - Aunque es un software muy potente, es quizás excesivo para las necesidades de la Escuela, que requiere movimientos de material y parametrizaciones mucho más sencillas.
  - No utiliza funcionamiento en la nube.
- AQUA INTELLIGENT WAREHOUSE
  - Ventajas
    - Es un software más flexible que SAP, puesto que admite la conexión e importación de datos desde cualquiera de los principales ERP del mercado, además del planificador de recursos específico de AQUA.
    - Permite realizar todas las transacciones típicas que se dan en el día a día de un almacén, tanto en lo referente a entrada y salida de mercancías como en la gestión de stocks.
    - El diseño y el uso del software es bastante más sencillo que el de SAP EWM. A pesar de ser parecido en funcionalidades, es mucho más intuitivo que el módulo de SGA de SAP, y la formación necesaria para su utilización es mucho más liviana.
    - Gestión de rutas de transporte y transportistas de manera individual: mayor accesibilidad a la trazabilidad de los envíos.
    - La relación calidad/precio es muy interesante, puesto que ofrece características muy similares a las de SAP, ofreciendo una gran flexibilidad extra al estar adaptado.
    - Ofrece la posibilidad de trabajar en la nube, evitando posibles pérdidas de información por el malfuncionamiento del servidor interno, y permitiendo una conectividad mucho mayor con proveedores y clientes.
  - Desventajas
    - Este sistema de gestión de almacenes se encuentra en un caso muy similar al de SAP: es una buena opción para una empresa con una gestión de almacenes algo más compleja, pero es posible que sea desmesurado para la Escuela Lean en el estado en la que esta se encuentra ahora mismo. No obstante, en el caso de que se implementase un ERP, sería una opción a tener en cuenta.
    - No cuenta con versiones educativas o de prueba, y su precio es de más de 3.000 €/año de uso. Este precio es razonable para una empresa, pero es difícilmente asumible para una plataforma de formación como la Escuela Lean.



- EASYWMS BASIC

o Ventajas

- Es un SGA que puede funcionar sin utilizar ningún tipo de ERP de base. Esto es muy útil en el caso de empresas que utilizan, por ejemplo, Microsoft Excel como herramienta de gestión, pudiendo importar los datos directamente. No obstante, en el caso de disponer de un sistema de gestión de recursos en la empresa, este software es perfectamente compatible con los principales ERP del mercado.
- Esta versión reducida cumple a la perfección con las necesidades de una empresa pequeña con gestiones cotidianas del almacén. Se ajusta muy bien a las necesidades de la Escuela Lean.
- Cuenta con una versión de prueba de 30 días, y una versión educativa cuyo precio es de 550 €/año, lo cual es bastante asequible.
- Esta plataforma permite parametrizar íntegramente los almacenes de la empresa de manera intuitiva y sencilla, únicamente utilizando la guía de uso como soporte.

o Desventajas

- Es un software menos potente que los anteriores, y esto se nota tanto en la cantidad de transacciones como en el alcance de las mismas. Al mismo tiempo, la fiabilidad y la compatibilidad de los documentos relacionados con los movimientos de mercancía es más limitada que en otros softwares de gestión de almacenes.
- Algunos aspectos de la parametrización son demasiado básicos, lo que hace que esta versión de EasyWMS sea bastante limitada en lo que a personalización se refiere.
- No es muy utilizado en el mundo empresarial, por lo que no sería fácil encontrar proveedores o clientes con los que exista una compatibilidad absoluta en el trasvase de información.



Ilustración 29: software EasyWMS. Fuente: (Mecalux 2019)



En base a este análisis, se ha concluido que la opción más viable para la parametrización de la Escuela Lean es EasyWMS Basic de Mecalux. Los argumentos que han decantado esta decisión son, en primer lugar, la sencillez operativa y de configuración que ofrece este software, unida a la independencia total del uso de un ERP base, que hacen que este software sea idóneo para las necesidades de la escuela, las cuales son, resumidamente, las de iniciarse en la gestión de almacenes.

Por otro lado, el segundo factor determinante es la existencia de una versión de prueba y una educativa, y, en definitiva, el precio, que nada tiene que ver con los elevados costes de las licencias de los otros dos SGA analizados.

A modo de resumen de las propiedades de los diferentes SGA analizados, se ha creado la Tabla 1:

<b>SOFTWARE</b>	<b>SAP EWM</b>	<b>AQUA INTELLIGENT WAREHOUSE</b>	<b>EASYWMS BASIC</b>
<b>PROPIEDADES</b>			
<b>ERP BASE</b>	SAP	VARIOS	VARIOS
<b>PRECIO (€) /AÑO</b>	30.000	3.000	550
<b>DIFICULTAD DE USO (1-10)</b>	8	6	3
<b>POPULARIDAD EN EL MERCADO (1-10)</b>	9	5	2
<b>POTENCIA Y ALCANCE DE LAS TRANSACCIONES (1-10)</b>	10	8	6
<b>ÁMBITO DE APLICACIÓN</b>	Empresas grandes, multinacionales, grandes volúmenes de movimiento en el almacén	Empresas medianas con un volumen moderado de complejidad del almacén	Empresas pequeñas que se inicien en el uso de un gestor de almacenes

**Tabla 1: comparativa entre los diferentes SGA**

Como se puede ver, y se ha comentado anteriormente, EasyWMS Basic es el software que se ajusta más a las necesidades de la Escuela Lean, tanto en flexibilidad, complejidad de uso y ámbito de aplicación como, sobre todo, en el precio.



**Trabajo de Fin de Máster**  
**Francisco Javier Sánchez Nava**



## **CAPÍTULO 4: PARAMETRIZACIÓN EN EASYWMS**



**Trabajo de Fin de Máster**  
**Francisco Javier Sánchez Nava**



## 4. PARAMETRIZACIÓN EN EASYWMS

### 4.1. Instalación del sistema EasyWMS

Para comenzar con la parametrización del sistema, es necesario obtener el paquete de instalación de software, desde la página de Mecalux, junto con el manual de uso del software, el cual será la guía utilizada para la inicialización del programa.

Antes de comenzar la instalación es necesario configurar el modelo de compatibilidad entre el software y nuestro sistema operativo, de manera que la instalación no genere errores y el programa sea plenamente operativo.

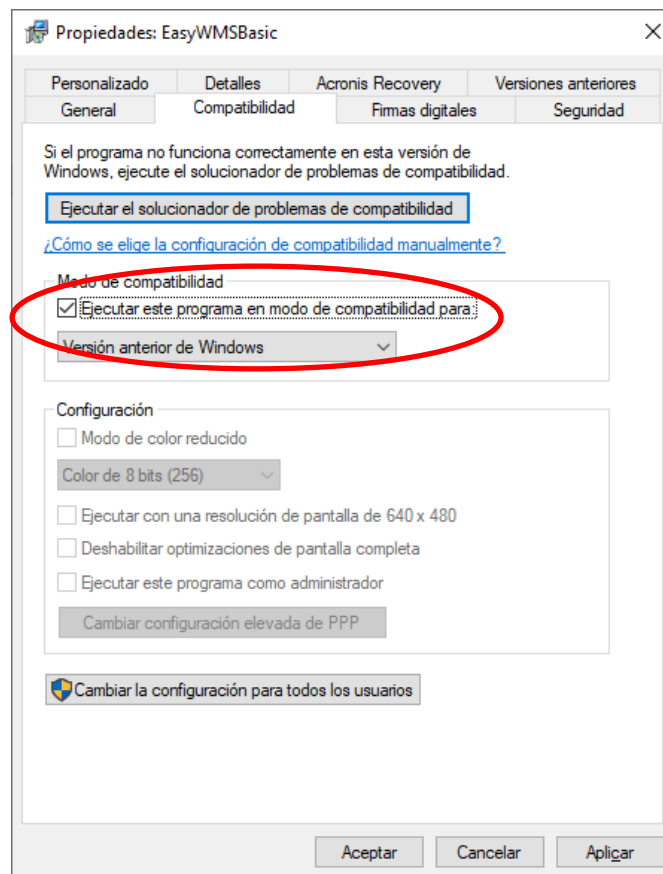


Ilustración 30: establecimiento de compatibilidad previo a la instalación del software

De esta manera, se evitan las posibles incompatibilidades técnicas entre el sistema operativo con el que se desarrolló el software y las versiones actualizadas de Windows con las que se operará.

Una vez completado este requisito se dará paso a la instalación. Para ello se ejecutará el archivo y se seguirán los pasos descritos por el instalador, como puede verse en la Ilustración 31.

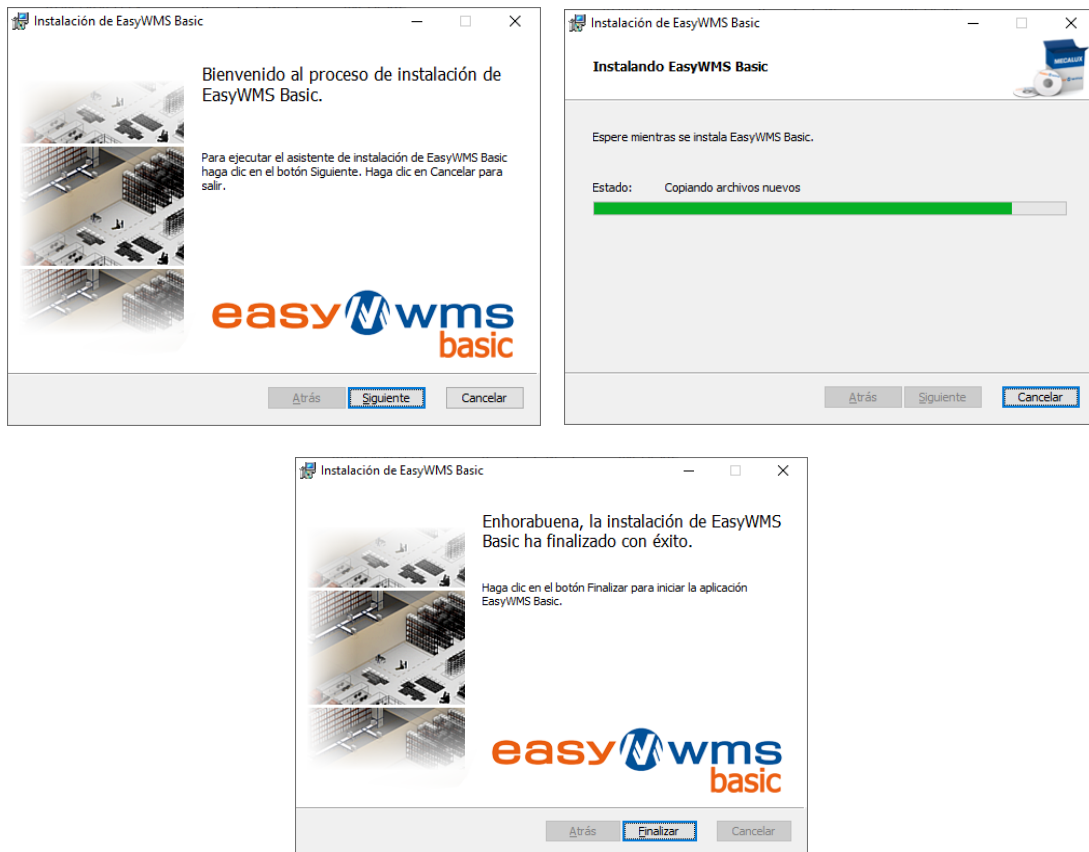


Ilustración 31: proceso de instalación de EasyWMS Basic

## 4.2. Configuración de los datos del sistema EasyWMS

Una vez concluida la fase de instalación del software, se puede comenzar a configurar este software en función de nuestras necesidades.

Como se puede ver en la Ilustración 32, existe una pestaña en la parte superior de la pantalla que nos muestra las dos fases de configuración del proceso: registrar datos y crear almacén.



Ilustración 32: pestañas principales para la configuración del software

En primer lugar, se van a registrar los datos iniciales requeridos por el programa. Así, en esta fase se elegirán los parámetros básicos de funcionamiento del software, empezando por la selección del idioma:





Ilustración 33: selección de idioma en EasyWMS Basic

Posteriormente es necesario aceptar el acuerdo de licencia de usuario:



Ilustración 34: acuerdo de licencia de usuario final

Una vez que hemos completado estos pasos, el sistema nos ofrece la posibilidad de realizar dos tipos diferentes de instalación, en función de si hemos instalado este software previamente o no. Como en nuestro caso es la primera vez que se ejecuta el



software en nuestro equipo y nuestra organización, es necesario escoger la primera opción.



Ilustración 35: elección del tipo de instalación deseada

Una vez que se ejecuta el proceso, de nuevo el software nos plantea la opción de elegir entre dos tipos de inicialización diferentes.

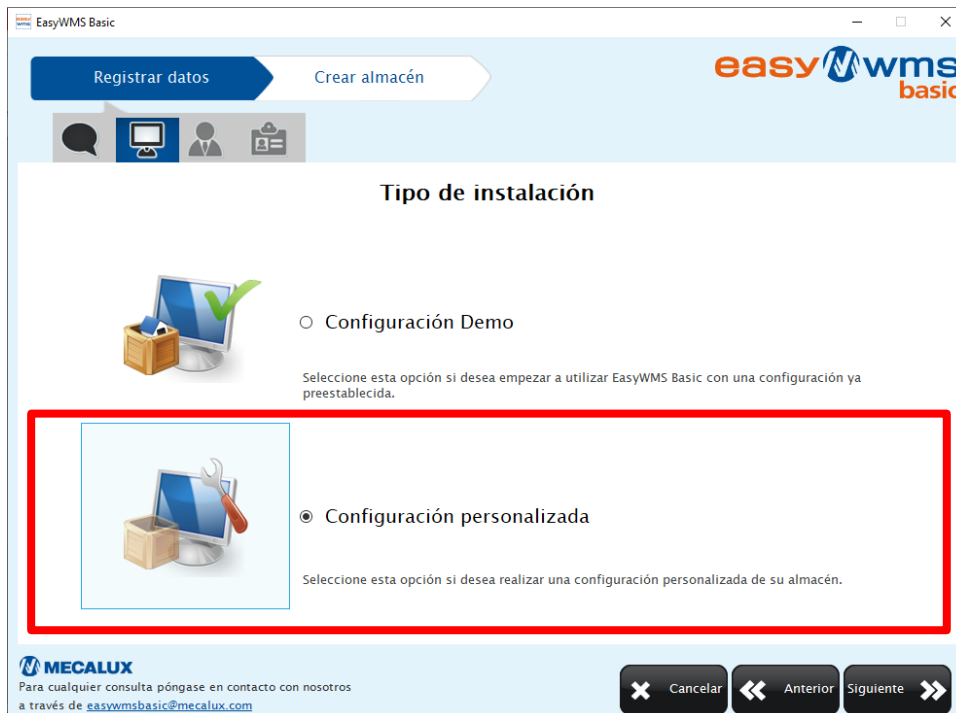


Ilustración 36: elección del modo de configuración de EasyWMS Basic



En primer lugar, se ofrece una versión demo, en la que se podrá asignar a nuestra organización una configuración del sistema ya preestablecida. Por otro lado, se encuentra la configuración personalizada, que es la que se usará en este trabajo, puesto que precisamente es esta parametrización la que ocupa el objeto del trabajo.

Tras elegir esta segunda opción, el sistema nos solicita crear un usuario administrador, cuyo rol le permitirá realizar modificaciones en el almacén y controlar las actividades de este.

EasyWMS Basic

Registrar datos    Crear almacén

easywms basic

### Crear usuario administrador

Recuerde el Usuario y Contraseña creados ya que le serán requeridos siempre que entre en la aplicación.

Usuario\* ISANCHJA [A-Z][a-z][0-9] Máx: 20

Contraseña\* [Máscara] [A-Z][a-z][0-9] Máx: 10

Repetir contraseña\* [Máscara] [A-Z][a-z][0-9] Máx: 10 ?

MECALUX  
Para cualquier consulta póngase en contacto con nosotros a través de [easywmsbasic@mecalux.com](mailto:easywmsbasic@mecalux.com)

Cancelar    Anterior    Siguiente

Ilustración 37: creación de usuario administrador

En el último paso de registro de datos, el sistema nos permite introducir los datos de la organización. Cabe destacar que el prefijo de la organización en el código de barras no existe aún, puesto que las piezas y contenedores de la Escuela Lean no están identificados mediante estos métodos, por lo que se ha dejado el prefijo 000000000 que el sistema otorga por defecto, como se puede ver en la Ilustración 38.



EasyWMS Basic

Registrar datos    Crear almacén

easywms basic

### Información de la organización

Organización\*  ?

Descripción

Prefijo de la organización en Código de Barras\*   
[0-9] Máxi: 9

Logotipo de la organización

**MECALUX**  
Para cualquier consulta póngase en contacto con nosotros a través de [easywmsbasic@mecalux.com](mailto:easywmsbasic@mecalux.com)

Cancelar    Anterior    Siguiente

Ilustración 38: información de la organización

### 4.3. Creación del almacén

Una vez que se ha procedido a registrar todos los datos necesarios, el sistema nos permite comenzar con la creación del almacén. Para ello, será necesario completar una cantidad considerable de pasos, indicados en la cinta de la parte superior de la pantalla, los cuales se pueden ver en la Ilustración 39, y los cuales se analizarán a continuación.



Ilustración 39: parámetros necesarios para la creación del almacén

En primer lugar, el sistema nos recibirá con una pantalla de inicio, en la que se explica, a título informativo y de manera resumida, cuáles son los parámetros necesarios para crear el almacén, y las funcionalidades de las que dispone el software.

En la siguiente pantalla, Ilustración 40, el sistema nos permite seleccionar el primer parámetro del almacén, que es la forma de colocar el stock. Para ello se puede elegir entre contenedores identificados o no identificados, siendo este último el caso de la Escuela Lean.

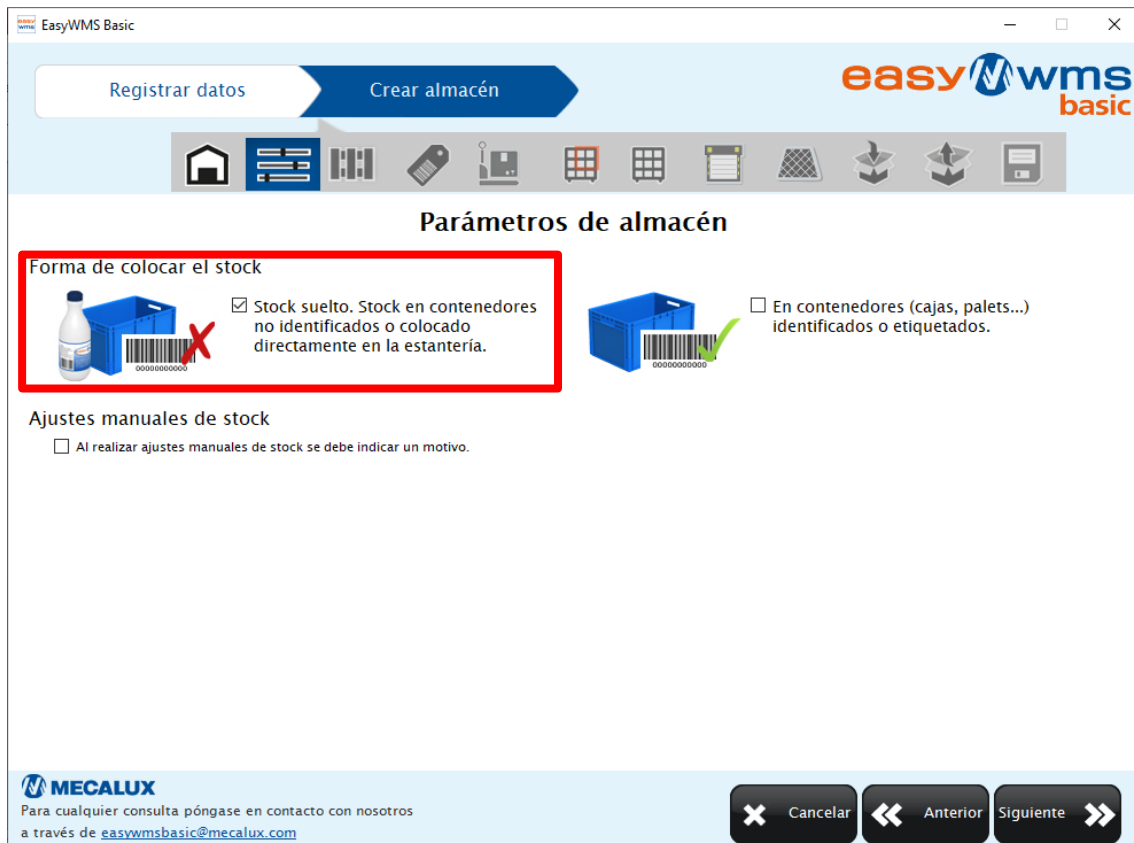


Ilustración 40: elección de la forma de colocar el stock en el almacén

En la siguiente pantalla, EasyWMS Basic nos da la opción de configurar nuestro almacén para que esté en comunicación directa con la información proveniente del ERP de la empresa, mayoritariamente a través de información localizada en ficheros Excel resultantes de la extracción de datos del software de gestión global de la organización.

De esta manera, sería posible actualizar automáticamente la previsión de recepción de pedidos, dar de alta las expediciones en el ERP o actualizar el stock, por ejemplo. Sin embargo, la Escuela Lean hoy en día no cuenta con un ERP que gestione su actividad comercial, por lo que no será posible habilitar esta funcionalidad.

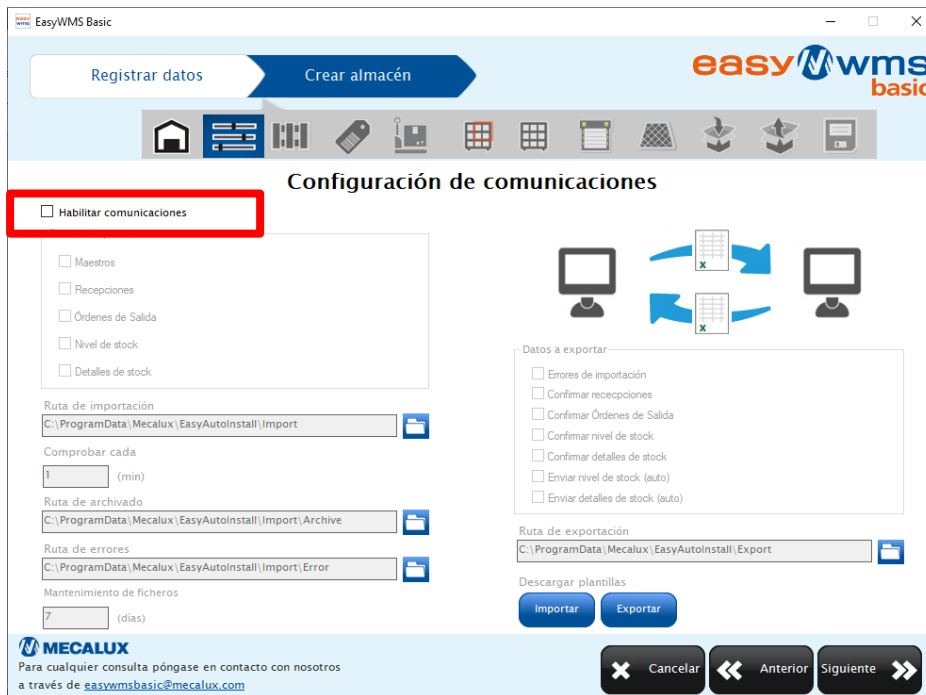


Ilustración 41: deshabilitación de la comunicación con sistemas informáticos externos

En la siguiente pestaña se pide seleccionar el formato de las etiquetas para artículos y contenedores. En nuestro caso, como puede verse en la Ilustración 42 para los artículos seleccionaremos el formato 20xA4, es decir, división de un folio DIN A4 en 20 partes iguales, mientras que para los contenedores elegiremos un formato 4xA4. A pesar de que no existe un sistema de código de barras en la actualidad, es posible que este se implemente en un futuro.



Ilustración 42: formatos de etiquetas de códigos de barras



Posteriormente, el sistema nos permite configurar los terminales de radiofrecuencia a utilizar en el almacén. En nuestro caso, no se van a utilizar de momento, por lo que se desactivará esta opción.



Ilustración 43: uso de terminales de radiofrecuencia deshabilitados

El siguiente paso consiste en la parametrización de las zonas de almacenamiento. El sistema entiende por zonas de almacenamiento el conjunto de ubicaciones utilizadas para dividir el almacén en función de las necesidades de la organización. En el caso de la Escuela Lean se va a diferenciar entre cinco zonas diferentes:

- Línea de montaje: LINMON
- Línea de reciclado: LINREC
- Zona de mecanizado: MECANI
- Zona de la lavadora: LAVADO
- Stock en tránsito: CARROS

Estas zonas estarán identificadas por los códigos de seis caracteres que aparecen al lado de cada una, los cuales darán también nombre posteriormente a las estanterías de cada zona.



Ilustración 44: configuración de las zonas de almacenamiento

Una vez configuradas las zonas de almacenamiento puede dar comienzo la creación de las estanterías, que es uno de los pasos más importantes de esta parametrización. Para ello es necesario desglosar esta creación en función de la zona a analizar, puesto que son diferentes en cada una de ellas.

#### 4.3.1. Línea de montaje (LINMON)

Dentro de esta zona vamos a encontrar principalmente seis tipos de estantería: por un lado, la estantería de entrada de las bases a la línea, las estanterías para sectores en los puestos 1, 2, 3 y 4, las estanterías de producto intermedio y, por otro lado, estanterías para bandejas para producto terminado y de producto listo para su expedición.

A la entrada de la línea, se encuentra una mesa con capacidad para 3 cajas grises con 6 bases en cada una. Esta estantería se llamará ENTMON01, y aparece parametrizada en la Ilustración 45:



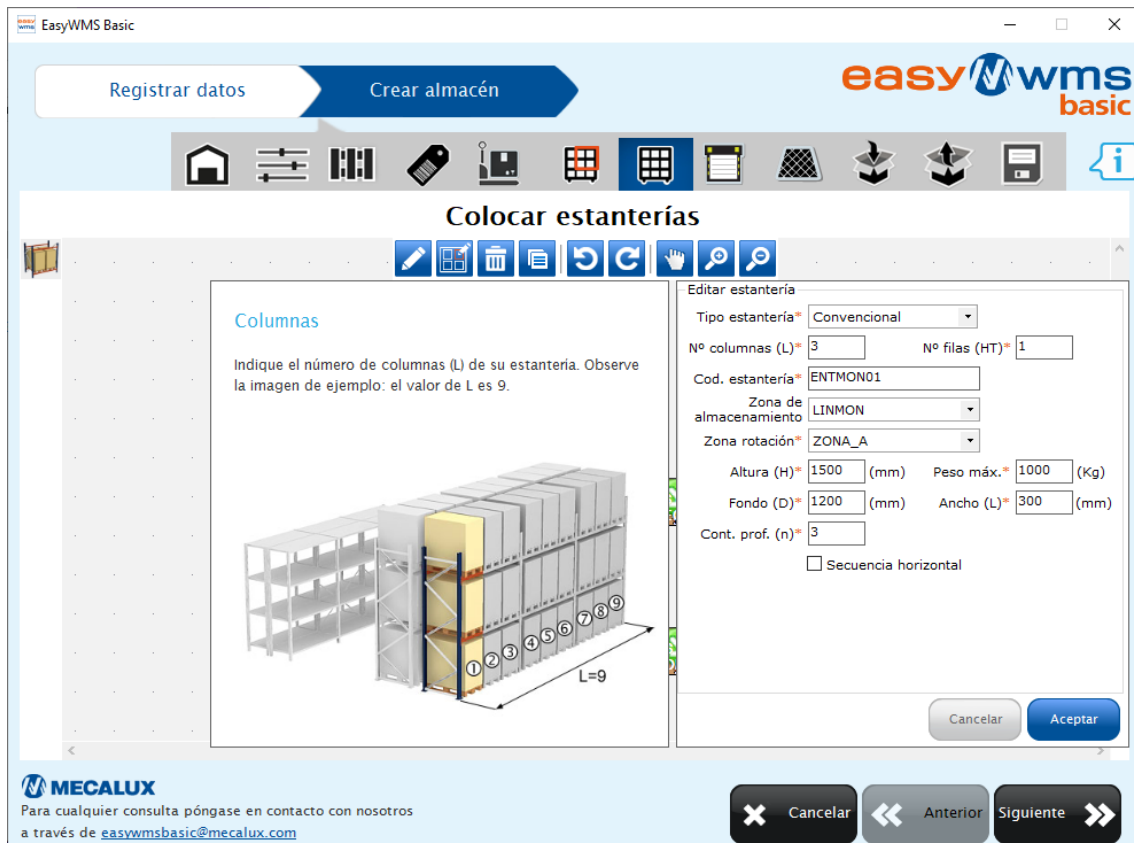


Ilustración 45: parametrización de la estantería ENTMON01

Las estanterías para los sectores cuentan con 6 carriles, de los cuales se utilizan únicamente 4 en la primera producción, mientras que posteriormente sí pueden llegar a utilizarse. También cuenta con dos carriles adicionales en un nivel superior para embalajes vacíos.



Ilustración 46: estanterías de los puestos 1,2,3,4 de la línea de montaje



Como se puede observar en la Ilustración 46, estas estanterías son dinámicas puesto que están formadas por carriles con rodillos. El software no cubre esta opción de almacenaje, por lo que se estipulará que son estanterías convencionales, dado que las otras opciones son bobinas, estantería cantiléver o suelo.

Así pues, en la Ilustración 47 se puede ver la parametrización de una de las estanterías descritas anteriormente:



Ilustración 47: parametrización de las estanterías de los puestos 1,2,3,4 de la línea de montaje

Como se observa en la Ilustración 47, la capacidad de estas estanterías es de 5 contenedores por columna o carril, tanto para contenedores vacíos como para contenedores llenos. Estos son los contenedores azules en los que se encuentran los sectores de los solectrones, cuyas medidas son de 125x235x125 mm.

Cabe destacar que posteriormente pueden editarse los huecos que no vayan a ser utilizados. Así, como en el nivel superior solo dos de los huecos serán utilizados para los embalajes vacíos, será necesario modificar las estanterías de la manera reflejada en la Ilustración 48:



**Ilustración 48: modificación del segundo nivel de las estanterías**

Así, clonando este módulo, obtendríamos las estanterías de los cuatro primeros puestos de la línea de montaje: LINMON01, LINMON02, LINMON03 y LINMON04.

Por otro lado, quedaría configurar la estantería para bandejas de producto terminado, LINMON05, la cual tiene tres niveles con una capacidad máxima para tres bandejas por fila, por lo que se parametrizará de la siguiente manera, como se ve en la Ilustración 49:

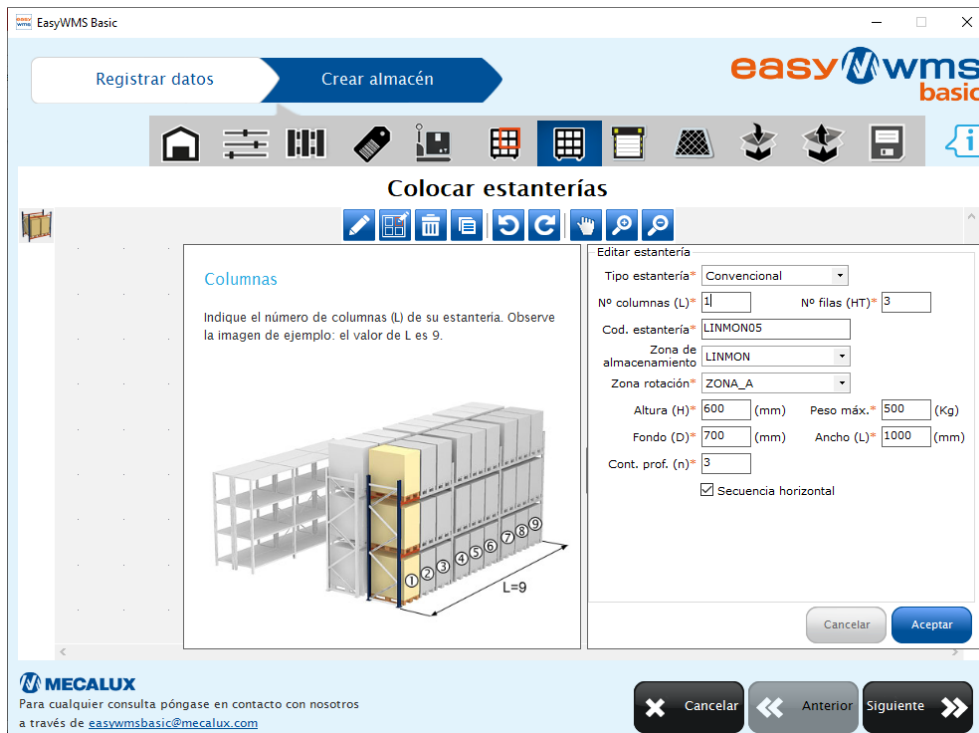


Ilustración 49: parametrización estantería del puesto 5 de la línea de montaje

No obstante, entre los diferentes puestos de la línea de montaje existen unas mesas que actúan como stock intermedio. Estas mesas tienen capacidad para 3 cajas grises, con capacidad para 9 solectrones en proceso, tal y como se muestra en la Ilustración 50.



Ilustración 50: mesas con producto intermedio entre los puestos de la línea de montaje

Estos stocks intermedios también han de parametrizarse en el software como estanterías, con capacidad para 3 contenedores de 300x400x120 mm. Estas mesas son iguales a las que se encontrarán posteriormente en la zona de mecanizado.



En EasyWMS se van a parametrizar estas mesas bajo el nombre STKMON01, STKMON02, STKMON03 y STKMON04, tal y como se muestra en la Ilustración 51:

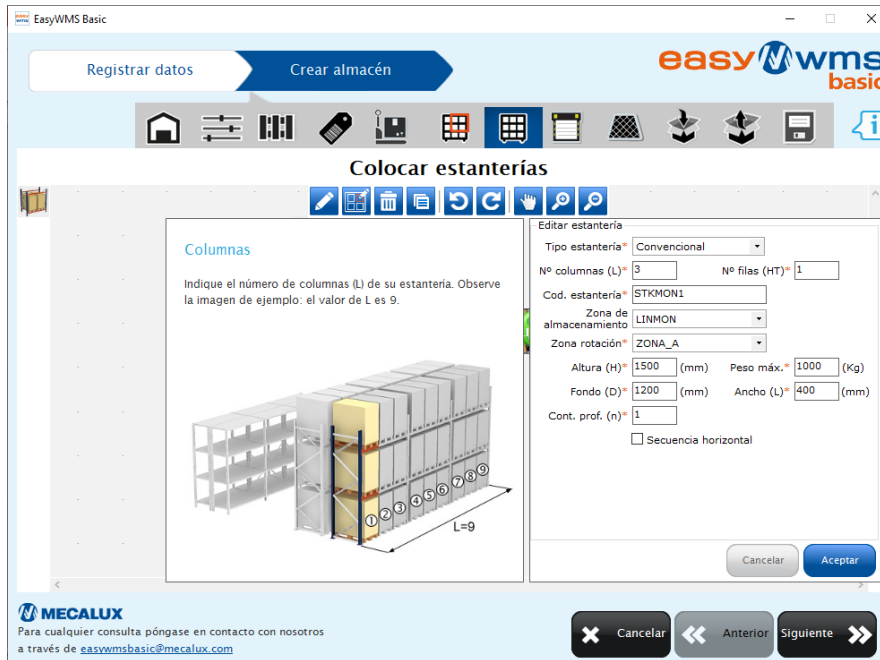


Ilustración 51: parametrización de los stocks intermedios de la línea de montaje

Posteriormente, se encuentra la mesa en la que el operario del puesto 5 deja las bandejas de producto terminado, a la espera de que las recoja el operario de logística. Esta mesa se parametrizará como PRODFIN, tal y como se ve en la Ilustración 52

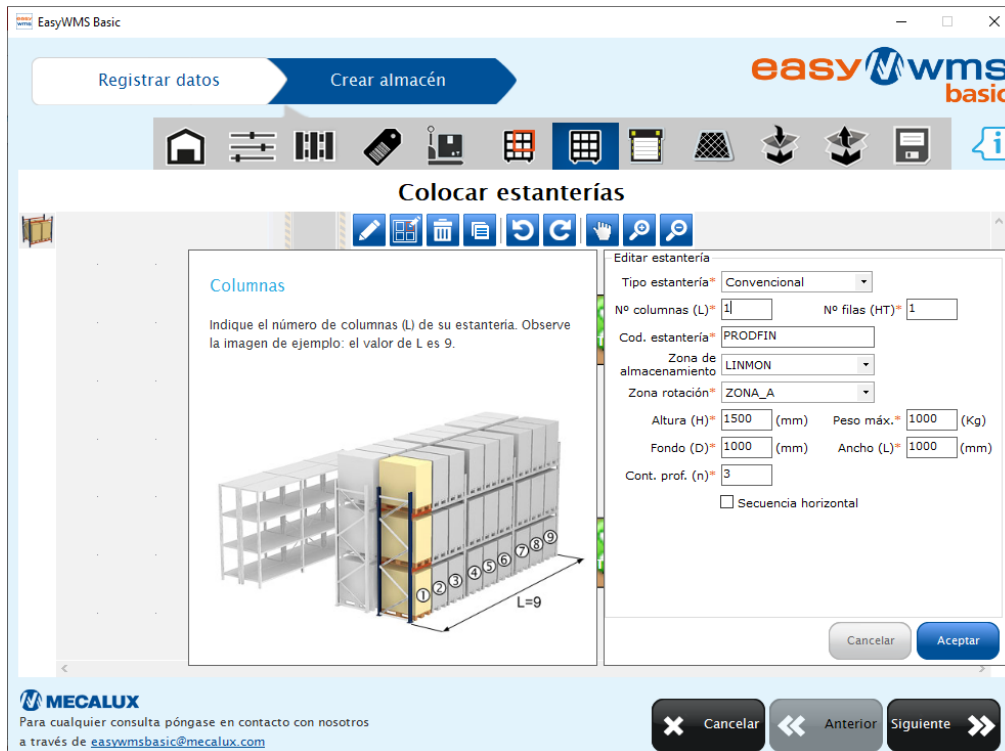


Ilustración 52: parametrización de PRODFIN

Por último, es necesario añadir una mesa en la que se almacena el producto listo para su expedición, que tiene capacidad para 3 bandejas, las cuales tienen capacidad para 4 solectrones. Sin embargo, la situación más habitual según la demanda actual es encontrar bandejas de 2, 3 y 4 piezas. Esta mesa se va a configurar como una estantería de nombre EXPED01, como se ve en la Ilustración 53:



Ilustración 53: configuración EXPED01

De esta manera, el layout de los stocks de la línea de montaje sería el representado en la Ilustración 54:

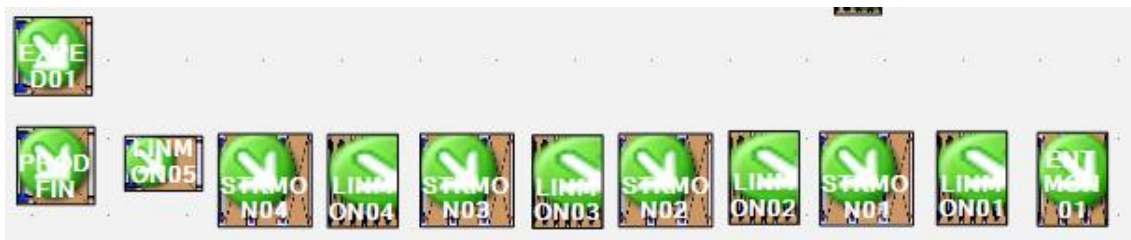


Ilustración 54: layout de la línea de montaje

#### 4.3.2. Línea de reciclado (LINREC)

La línea de reciclado también cuenta con diferentes tipos de estantería. Primeramente, aparece una mesa de recepción de mercancías análoga a la mesa EXPED01 de la línea de montaje. Esta se llamará RECEP01, y se parametrizará tal y como aparece reflejado en la Ilustración 55:





Ilustración 55: parametrización de la estantería RECEP01

También aparecerá la mesa PRODINI, de la que el operario del puesto 1 toma las bandejas que le deja el operario de logística para comenzar a deshacer los solectrones. Se parametriza como se ve en la Ilustración 56

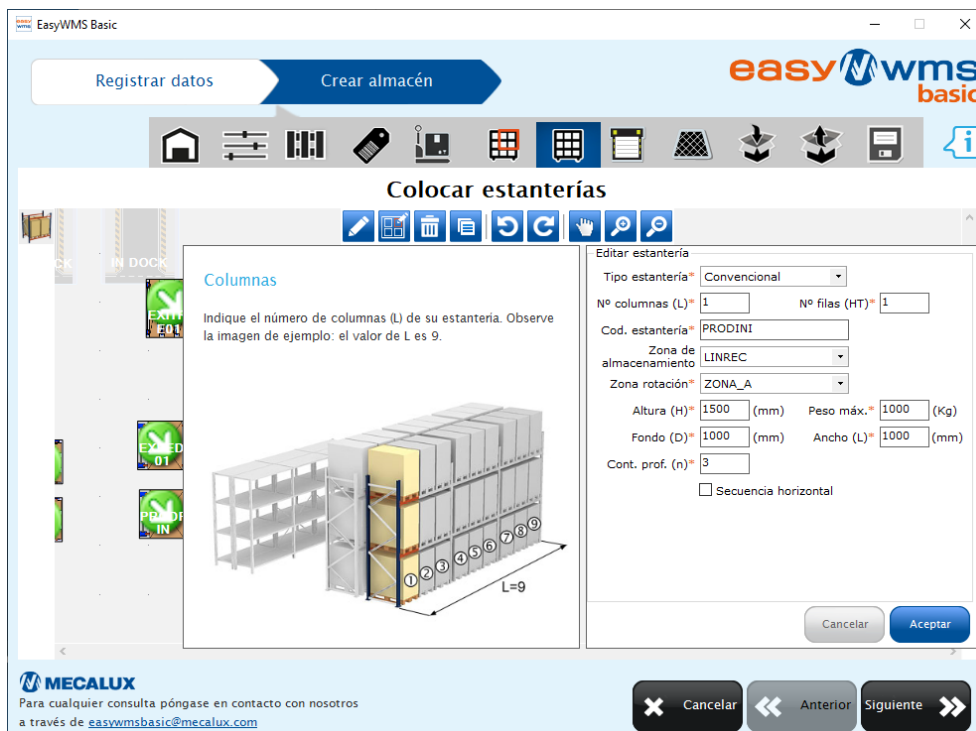


Ilustración 56: parametrización PRODINI



Después, en el primer puesto de la línea se encuentra una estantería exactamente igual a la del puesto 5 de la línea de montaje: tres niveles, uno para cada tipo de bandeja, tal y como se puede observar en la Ilustración 57. Por lo tanto, la estantería LINREC01 será un clon de la estantería LINMON05.



Ilustración 57: estanterías reales LINMON05 y LINREC01

Por otro lado, las estanterías de los puestos 2,3,4,5 cuentan con seis carriles y dos niveles: los superiores para devolver los embalajes con las piezas y los inferiores para los embalajes vacíos que reciben. En ambos casos, cuentan con una capacidad máxima de 5 bacs azules por carril. Con estas condiciones, estas estanterías se parametrizarán como se ve en la Ilustración 58:



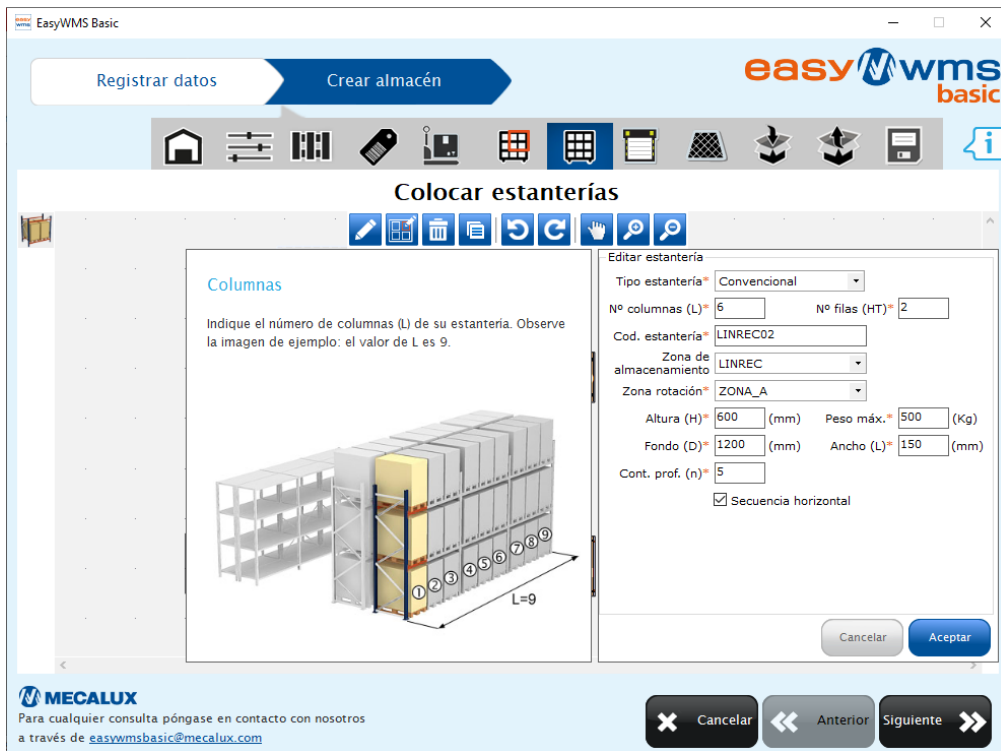


Ilustración 58: parametrización de las estanterías de los puestos 2,3,4,5 de reciclado

De manera análoga a la línea de montaje, entre los puestos de la línea de reciclado existen mesas con capacidad para tres cajas grises con tres productos intermedios en cada una. Estas se parametrizarán como STKREC01, STKREC02, STKREC03 y STKREC04, de la manera que se observa en la Ilustración 59:

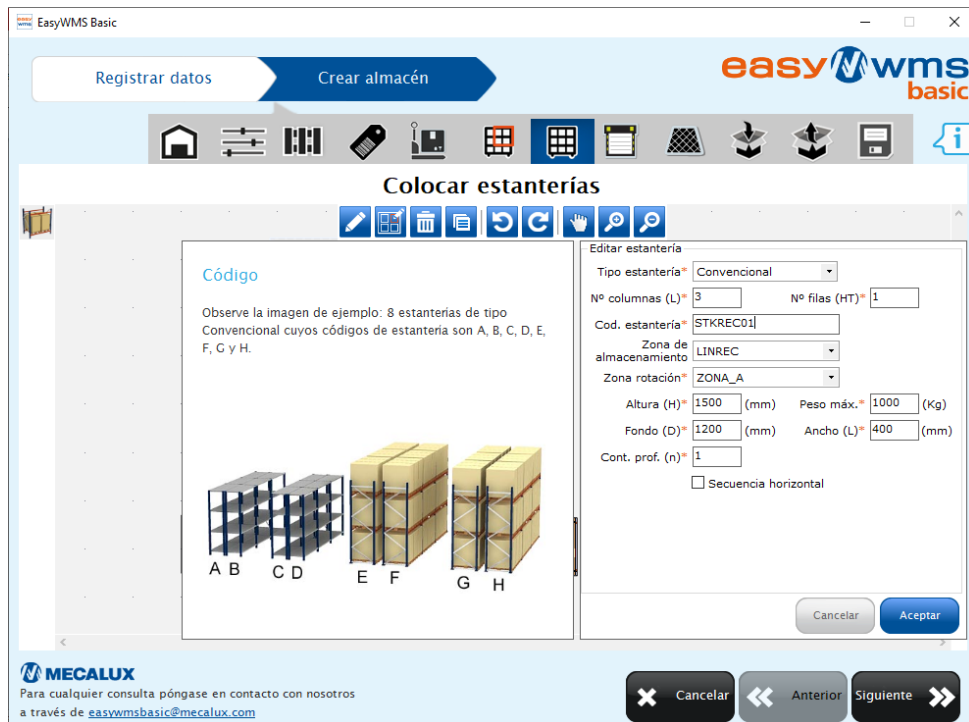


Ilustración 59: parametrización de los stocks intermedios de la línea de reciclado

Por último, al final de la línea de reciclado existe una mesa en la que se depositan las bases, con capacidad para tres cajas de seis bases cada una. Es una estantería análoga a ENTMON01, se llama EXITRE01, y su parametrización aparece en la Ilustración 60:

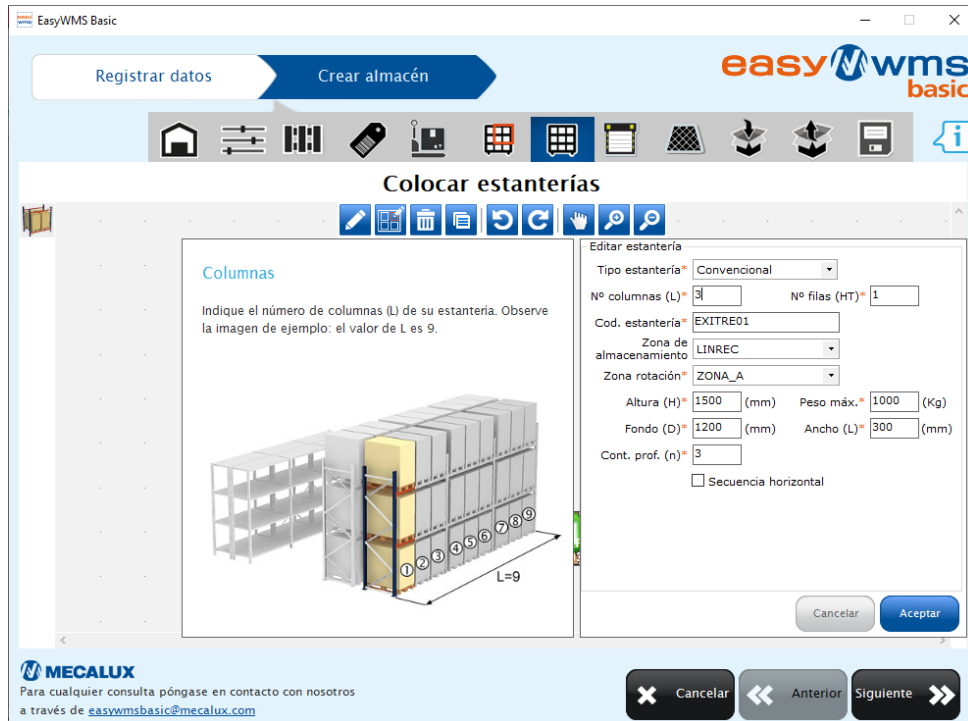


Ilustración 60: parametrización de la estantería EXITRE01

De esta manera, la línea de reciclado presentaría el layout reflejado en la Ilustración 61:

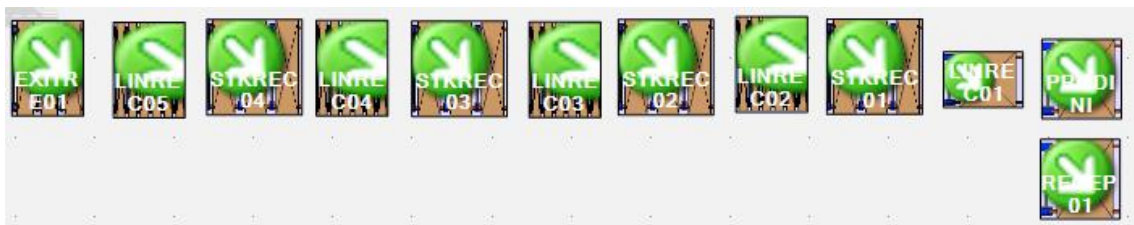


Ilustración 61: layout de la zona de reciclado

#### 4.3.3. Zona de mecanizado (MECANI)

Para esta zona se van a crear cuatro estanterías diferentes:

- Una estantería como stock de entrada a la estación de mecanizado, que representa una mesa con capacidad para 1 caja gris de 6 bases (300x400x120 mm), que se llamará INMECA01
- Una estantería análoga a la anterior, como stock de salida del centro de mecanizado, con la misma capacidad, denominada OUMECA01
- Dos estanterías representando el stock de producto mecanizado almacenado para el cambio de ráfaga. Representan las dos mesas con capacidad para 6 cajas cada una, tal y como se ven en la Ilustración 65. Estas serán STKMEC01 y STKMEC02.



Ilustración 62: stock de entrada y de salida de la zona de mecanizado INMECA01/OUMECA01

Así, en primer lugar, la parametrización de INMECA01 aparece reflejada en la Ilustración 63

EasyWMS Basic

Registrar datos Crear almacén

easywms basic

Colocar estanterías

Código

Observe la imagen de ejemplo: 8 estanterías de tipo Convencional cuyos códigos de estantería son A, B, C, D, E, F, G y H.

OUT DC

LOC821

A B C D E F G H

Editar estantería

Tipo estantería\* Convencional

Nº columnas (L)\* 1 Nº filas (HT)\* 1

Cod. estantería\* INMECA01

Zona de almacenamiento\* MECANI

Zona rotación\* ZONA\_A

Altura (H)\* 1500 (mm) Peso máx.\* 1000 (Kg)

Fondo (D)\* 300 (mm) Ancho (L)\* 400 (mm)

Cont. prof. (n)\* 1

Secuencia horizontal

Cancelar Aceptar

MECALUX

Para cualquier consulta póngase en contacto con nosotros a través de [easywmsbasic@mecalux.com](mailto:easywmsbasic@mecalux.com)

Cancelar Anterior Siguiente

Ilustración 63: parametrización de INMECA01



De manera análoga, la parametrización de OUMECA01 se puede observar en la Ilustración 64:



Ilustración 64: parametrización de OUMECA01



Ilustración 65: pulmones STKMEC01 y STKMEC02



Por último, la configuración de STKMEC01 y STKMEC02 aparece reflejada en la Ilustración 66

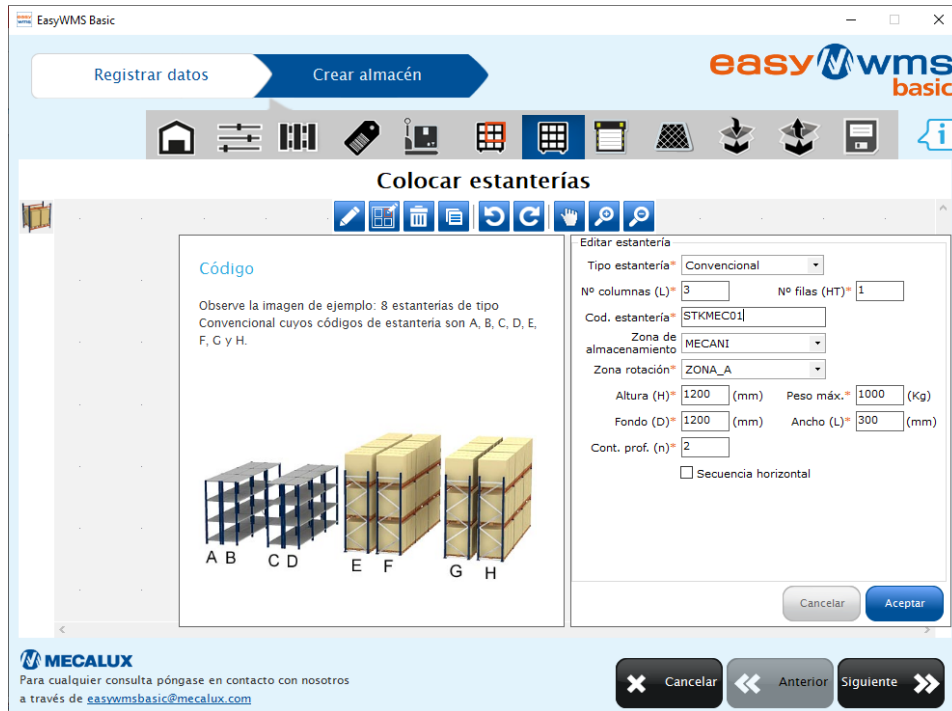


Ilustración 66: parametrización de las estanterías STKMEC01 y STKMEC02

El diseño del layout de las estanterías de la zona de mecanizado sería el siguiente:

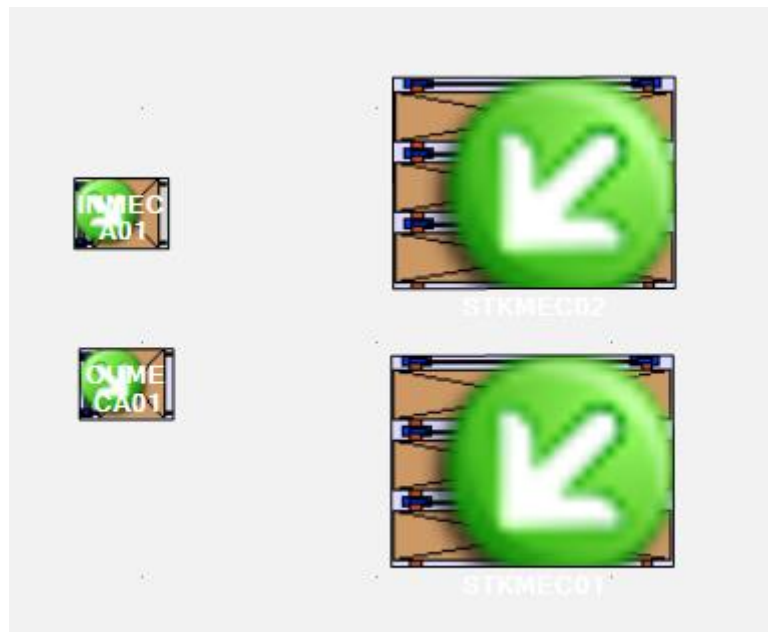


Ilustración 67: layout de la zona de mecanizado



#### 4.3.4. Zona de lavado (LAVADO)

En la siguiente zona está la lavadora, que es la estantería en la que se encuentran todos los sectores antes de que el operario de logística realice el picking. En esta estantería encontramos 16 ubicaciones (4 filas de 4 carriles), tal y como se puede apreciar en la Ilustración 68:



Ilustración 68: lavadora en producciones 1 y 2

Como se puede observar, cada una de las filas está dedicada a un nivel de solectrón, y cada uno de los carriles alberga un tipo de sector (A, B, C o D). La capacidad total es de 5 contenedores por carril: 4 en stock y 1 en lavado. De esta manera, la parametrización de las estanterías en EasyWMS sería la que aparece en la Ilustración 69:



Ilustración 69: parametrización de la lavadora



También aparecen dos mesas a la entrada y salida de la lavadora, con la misma capacidad que CARRO01 y CARRO02. Se parametrizarán con el nombre de INLAVA y OUTLAVA, como se ve en la Ilustración 70:

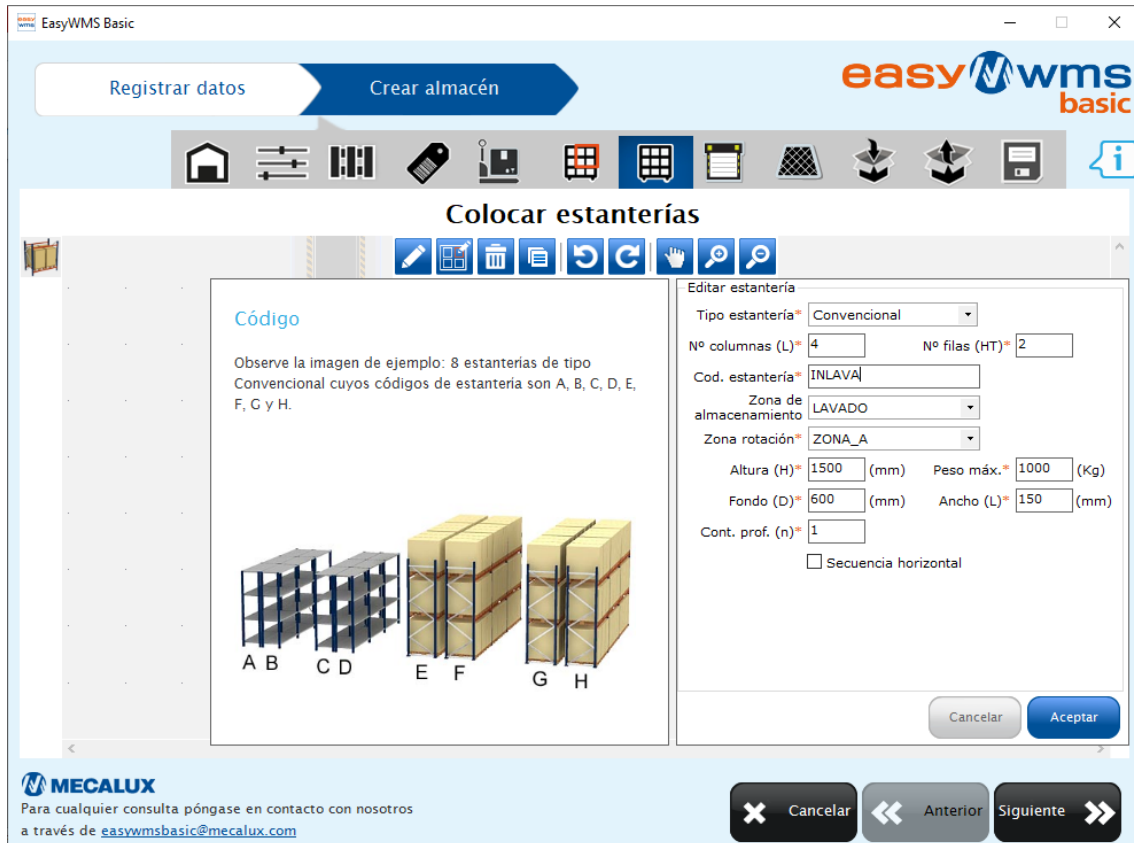


Ilustración 70: parametrización de INLAVA y OUTLAVA

#### 4.3.5. Stock en tránsito (CARROS)

En este grupo se van a crear tres estanterías que representarán el stock en tránsito de los diferentes carros de los logísticos.

En primer lugar se encuentran CARRO01 y CARRO02, que representan los carros que abastecen la línea y realizan el picking y el kitting. Estos carros tienen capacidad para 2 niveles de 4 bacs azules y, adicionalmente 1 caja gris con bases. De esta manera, la parametrización de los carros es la siguiente:

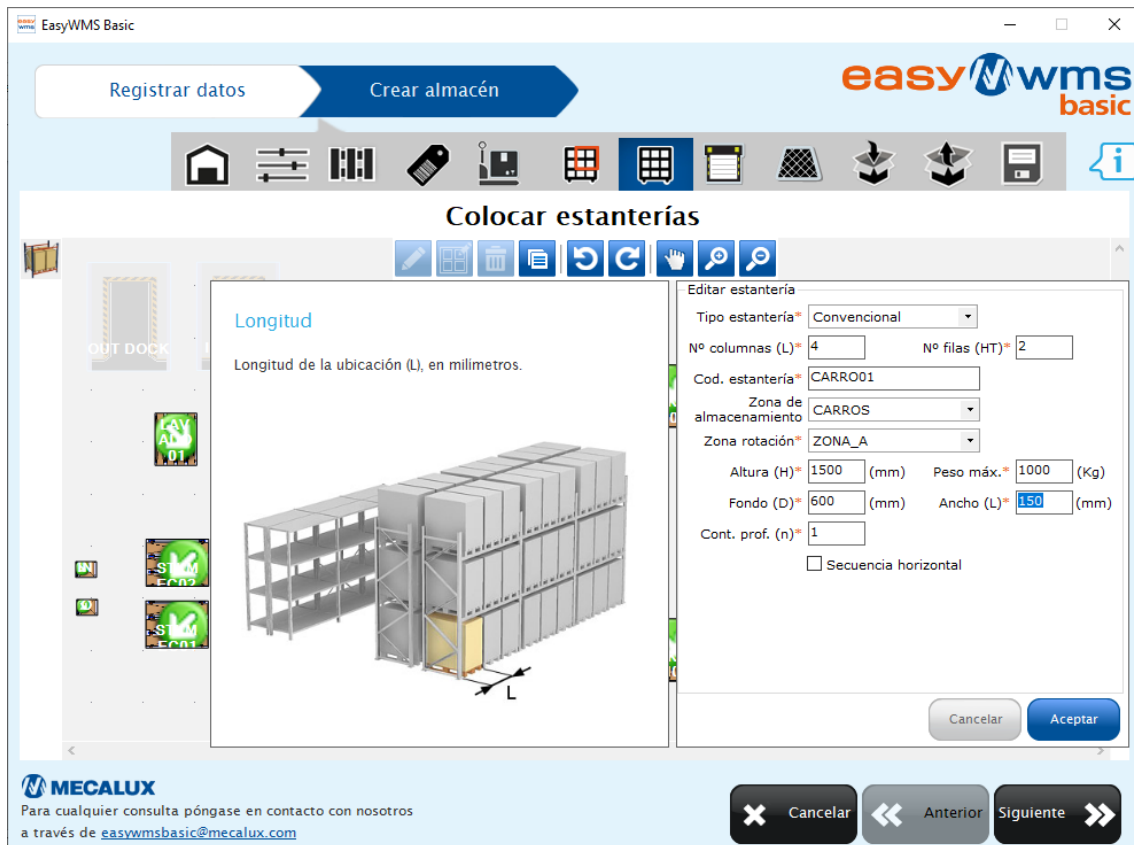


Ilustración 71: parametrización de CARRO01 y CARRO02

Adicionalmente, existe un carro al que se llamará CARRO03 que es el encargado de ir a los muelles y, una vez allí, expedir la mercancía para el cliente o recogerla para abastecer a la línea de reciclado. Este carro tiene capacidad para 3 bandejas, y, como sucedía con las mesas EXPED01 y RECEP01, tiene un uso habitual de bandejas de 2, 3 y 4 solectrones, pero admitiría una variación de la demanda de hasta 3 bandejas de 4 solectrones cada una. Se parametrizará de la manera que aparece reflejada en la Ilustración 72:



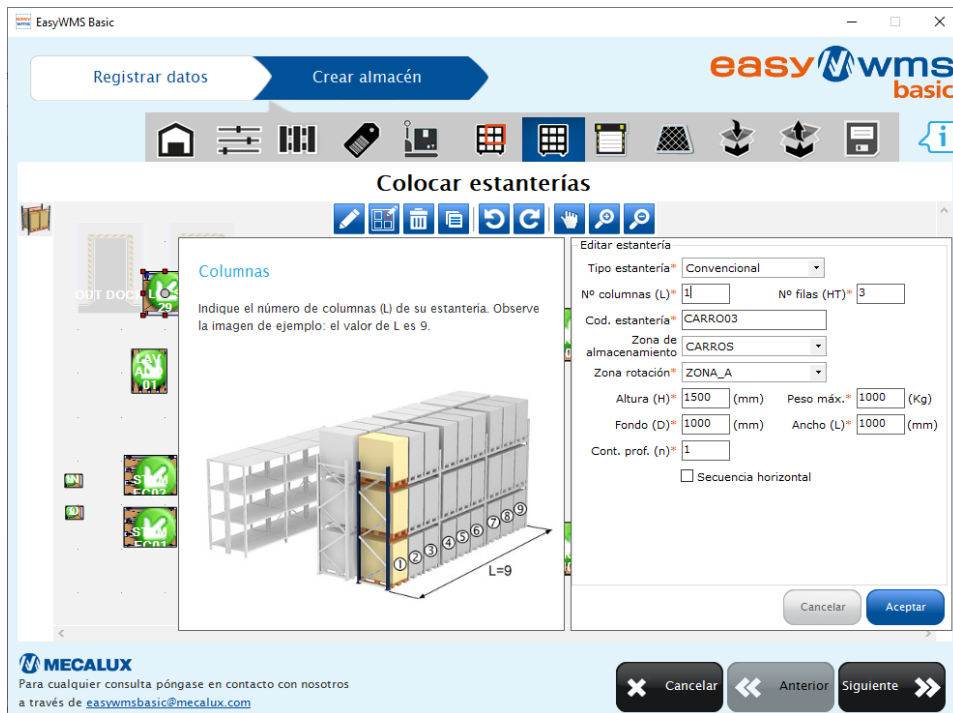


Ilustración 72: configuración del carro CARRO03

Con todas las estanterías configuradas, el layout configurado para el almacén sería el de la primera producción:



Ilustración 73: layout de las estanterías en EasyWMS



El siguiente paso es crear los muelles de entrada y salida de mercancía. En el caso de la escuela se van a crear dos: el muelle IN DOCK para la entrada de mercancía y el muelle OUT DOCK, para la salida de mercancía.

Edición de Muelle

Código de muelle\* IN DOCK

Permite entrada de mercancía\*

Muelle de entrada por defecto\*

Permite salida de mercancía\*

Muelle de salida por defecto\*

Cancelar Aceptar

Edición de Muelle

Código de muelle\* OUT DOCK

Permite entrada de mercancía\*

Muelle de entrada por defecto\*

Permite salida de mercancía\*

Muelle de salida por defecto\*

Cancelar Aceptar

Ilustración 74: creación de muelles

EasyWMS ofrece la posibilidad de configurar posteriormente pulmones, pero en nuestro caso no consideraremos ninguna zona especial para almacenamiento de los muelles.

El siguiente parámetro solicitado por EasyWMS es la determinación de la ruta de ubicación o almacenaje de productos. En el caso de la Escuela Lean, se trata de una secuencia prácticamente circular. Podría pensarse en hacer dos rutas, una para cada línea, pero el programa no ofrece esta posibilidad. Por ello, la decisión que se ha tomado es seguir el recorrido realizado por los logísticos, siendo la primera ubicación la lavadora y la última la mesa de almacenaje de bases de la línea de reciclado. Así, en el SGA se refleja tal y como se ve en la Ilustración 75:



Ilustración 75: parametrización de la ruta de ubicación

También es necesario establecer cuáles son las reglas generales seguidas en la ubicación. La elección que se ha tomado es que, de mayor a menor importancia, las normas de ubicación son:

- 1) Colocar en la ubicación de picking
- 2) FIFO (First In First Out)
- 3) Ubicación vacía de la misma rotación
- 4) Ubicación vacía con siguiente rotación



Ilustración 76: establecimiento de las normas de ubicación

De manera análoga, se ha establecido la ruta de picking, como se ve en la Ilustración 77:



Ilustración 77: ruta de picking en EasyWMS



Una vez más, al ser la ruta circular, se ha iniciado la ruta de picking en la lavadora. También, de manera análoga a la ubicación, se han establecido las normas generales para el picking, primando sobre todo el uso de la metodología FIFO.



Ilustración 78: reglas generales de picking

Con este último paso, el proceso de configuración del almacén habría concluido, y el software nos permite revisar la configuración final de nuestro almacén.



Ilustración 79: fin del proceso de configuración del almacén



Tras pulsar el botón de guardar, se generará el modelo de nuestro almacén, y se deberá volver a entrar en la aplicación.

Ilustración 80: proceso de entrada al sistema una vez creada la organización

Ahora el SGA de Mecalux ya se encuentra completamente activo. Desde la pantalla que aparece en la Ilustración 81 se pueden acceder a las diferentes operaciones disponibles, como recepción de pedidos, dar de alta productos o actualizar el stock, entre otros.



Ilustración 81: pantalla de inicio de EasyWMS Basic



## **CAPÍTULO 5: ESTUDIO ECONÓMICO**







## **5. Estudio económico**

### **5.1. Introducción**

Este proyecto versa acerca de la configuración de un sistema de gestión de almacenes para la Escuela Lean de Renault Nissan Consulting en Valladolid. Su objetivo principal es el de contribuir a la escuela ofertando, en primer lugar, un sistema de control para las piezas a lo largo de las diferentes producciones realizadas en las jornadas de formación, tanto materia prima como producto terminado o en proceso. Además, el trabajo constituye una muy buena oportunidad para la entidad para introducir en la gestión de almacenes a los futuros alumnos. De esta manera, el material necesario para el desarrollo del proyecto es, en su práctica totalidad, de tipo informático, puesto que lo que se pretende, de momento, es parametrizar la actual configuración de la fábrica, sin necesidad de añadir nuevos elementos.

Así, a lo largo de este apartado se va a analizar desde una perspectiva organizativa y económica la importancia del correcto desarrollo del trabajo, así como una explicación y una justificación de los costes en los que necesario incurrir.

### **5.2. Jerarquía del proyecto**

Para realizar la implantación de este proyecto, será necesaria la participación de al menos tres personas:

- Director y coordinador del proyecto
- Programador
- Auxiliar administrativo

La persona encargada de dirigir y coordinar el proyecto será un ingeniero industrial, cuya función será la de desarrollar la idea, así como coordinar a las personas implicadas en el proyecto. También realizará el desarrollo del estudio económico, de cara a cuantificar el presupuesto necesario para la realización del proyecto. Es necesaria también su implicación en las fases posteriores del proyecto, para detectar y planificar posibles modificaciones o ampliaciones del alcance del SGA dentro de la Escuela.

Por otro lado, la función del programador es la de ejecutar la parametrización del software, siguiendo las directrices del coordinador, y poniendo en común con él las ideas o las necesidades que puedan surgir. A su vez, se encargará de realizar el mantenimiento posterior, así como las modificaciones requeridas por la dirección del proyecto y de la Escuela Lean.

Además, aparece la figura del auxiliar administrativo. Esta persona deberá recabar la información acerca del proyecto, elaborando una memoria en la que quede constatado el desarrollo de la implantación, de manera que, además, pueda servir como manual de usuario para los alumnos y para los futuros proyectos basados en el uso de un sistema de gestión de almacenes. Es importante que el trabajo desarrollado por este trabajador/a



sea riguroso, a la par que comprensible, puesto que recordemos que el objetivo último del espacio de Renault-Nissan es la formación de los alumnos en la cultura del Lean Manufacturing.

### 5.3. Fases de desarrollo del proyecto

Este proyecto se divide en diferentes fases:

- **Fase 1: aparición de la necesidad**

En esta primera etapa, el cliente habrá realizado una propuesta acerca de la idea de implementar un SGA en la Escuela Lean. En nuestra mano está valorar la factibilidad del proyecto, y determinar si, con nuestros medios, es posible cubrir las necesidades planteadas por el cliente. Si, tras realizar una presentación sobre nuestra idea, el cliente acepta las condiciones, podrá dar comienzo el desarrollo del proyecto.

- **Fase 2: planificación del proyecto.**

En la segunda fase se pretende definir cuáles son las necesidades que debe cubrir este proyecto, obteniendo así una visión general del estado inicial. De esta manera, será más sencillo estipular el alcance que debe tener el proyecto, las funciones requeridas y el personal necesario para la realización de este.

- **Fase 3: recopilación de información**

Antes de comenzar el desarrollo, es necesario detallar cuál es el modus operandi de la Escuela a la hora de realizar la producción, analizando los procesos que conforman la fabricación del solectrón, determinando los volúmenes de producto en proceso, los stocks o la capacidad de las estanterías, entre otros. Todos estos datos son cruciales para la posterior parametrización del SGA, puesto que sin ellos es imposible configurar y dimensionar los procesos dentro del software.

- **Fase 4: ejecución del proyecto**

Esta fase es probablemente la más extensa de todas. Una vez recabada la información necesaria, el informático procederá a realizar la configuración inicial del programa con la ayuda y la supervisión del director del proyecto. A su vez, se compaginará con la elaboración de la memoria, en la que el auxiliar administrativo recogerá la forma en la que se ha desarrollado el proyecto. De esta forma, se obtendrá un documento que podrá ser utilizado en el futuro como guía para la formación de los instructores de la Escuela, así como de los alumnos.

- **Fase 5: seguimiento.**

Esta última etapa se centra, mayoritariamente en dos subetapas diferenciadas:

- **Formación.** Es necesario formar a los trabajadores de la escuela en el uso de este programa, de cara a su utilización posterior. Al ser una interfaz completamente



nueva, es necesario que comprendan correctamente el uso del software para que puedan utilizarlo con los siguientes alumnos que lleguen a los cursos ofertados por la entidad. No obstante, como se ha comentado con anterioridad, contarán también con el soporte de la memoria elaborada por el personal administrativo.

- Mantenimiento y mejora. Una vez que el programa se encuentra en uso, es importante realizar un análisis de seguimiento del correcto funcionamiento de este, así como unas determinadas tareas de mantenimiento preventivo y correctivo, en el caso de que aparezcan problemas. Al mismo tiempo, es posible que la escuela demande nuevas funcionalidades para el SGA en el futuro, por lo que el equipo puede ser requerido para realizar las modificaciones y mejoras oportunas en el sistema.

#### 5.4. Estudio económico

El objetivo de este apartado es desarrollar en detalle el estudio económico del proyecto, tanto a nivel de cada una de las fases anteriormente descritas como a nivel total del proyecto. Para ello, se realizarán cálculos de las horas efectivas anuales, las tasas horarias de personal, amortizaciones de equipos y costes indirectos, obteniendo así los costes por hora y persona en cada una de las etapas.

##### 5.4.1. Horas efectivas anuales

Para realizar este cálculo, es necesario determinar el volumen de días no trabajados anualmente, puesto que afectan al desarrollo de nuestro proyecto.

De esta manera, como se observa en la

Tabla 2:

Concepto	Días/horas
Año medio	365,25
Fines de semana (365*2/7)	-104,36
Días efectivos de vacaciones	-23
Días festivos reconocidos	-12
Días medios de enfermedad	-10
Cursos de formación	-8
Total de días efectivos	208
<b>Total de horas efectivas (8 horas/ día)</b>	<b>1.664</b>

Tabla 2: horas efectivas anuales

De manera análoga, este cálculo en semanas aparece reflejado en la

Tabla 3:

Concepto	Semanas
Año medio	52
Vacaciones y festivos	-5
Enfermedad	-1



Cursos de formación	-1
<b>Total de semanas efectivas</b>	<b>45</b>

Tabla 3: semanas efectivas anuales

#### 5.4.2. Salarios

En este apartado se calcularán los salarios de los trabajadores del proyecto, así como la parte proporcional correspondiente a la Seguridad Social, como se ve en la Tabla 4:

Concepto	Director de proyecto	Informático	Auxiliar administrativo
Sueldo	35.000,00	22.000,00	12.000,00
Seguridad Social (35%)	12.250,00	7.700,00	4.200,00
<b>Total</b>	<b>47.250,00</b>	<b>29.700,00</b>	<b>16.200,00</b>
<b>Coste horario</b>	<b>28,40</b>	<b>17,85</b>	<b>9,74</b>
<b>Coste semanal</b>	<b>1.050,00</b>	<b>660,00</b>	<b>360,00</b>

Tabla 4: costes de personal

#### 5.4.3. Amortizaciones

Para determinar las amortizaciones de los equipos utilizados en el desarrollo del proyecto, se va a utilizar la tabla de amortización lineal ofertada por la agencia tributaria española, tomando como dato de referencia el período de años máximo de amortización del bien. (Agencia Tributaria Española 2020)

De esta manera, la amortización de los equipos utilizados en el desarrollo del proyecto es la que aparece en la Tabla 5:

Concepto		Coste	Período máximo de amortización	Amortización anual
Portátil Toshiba Pro A50-E-1CH Intel Core i7-8550U/16GB/256GB SSD/15.6		867,59 €	10 años	86,76 €
Software de desarrollo	Microsoft Windows 10	179 €	6 años	29,83 €
	Microsoft Word 2019	79 €	6 años	13,17 €
	Microsoft Excel 2019	79 €	6 años	13,17 €
	EasyWMS Basic Educative License	550 €	6 años	91,67 €
<b>Total a amortizar anual</b>				<b>234,60 €</b>
			Tipo	Amortización
			Diaria	0,64 €
			Semanal	4,48 €
			Horaria	0,08 €

Tabla 5: amortización de los equipos utilizados en el desarrollo



Por otro lado, las amortizaciones para el equipo utilizado en la implantación del proyecto son las reflejadas en la Tabla 6:

Concepto		Coste	Cantidad	Período máximo de amortización	Amortización anual	
PcCom Basic Office Essential Intel Core i3-8100/4GB/240SSD		307,53 €	2	10 años	61,50 €	
Ratón y teclado Logitech Desktop MK120		17 €	2	10 años	3,40 €	
Monitor AOC 24B1H 23.6" LED FullHD Mate		96 €	2	10 años	19,20 €	
HP LaserJet Pro M15w Impresora Láser Monocromo Wifi		90 €	1	10 años	9,00 €	
Software de desarrollo	Microsoft Windows 10	179 €	2	6 años	59,66 €	
	Microsoft Word 2019	79 €	2	6 años	26,34 €	
	Microsoft Excel 2019	79 €	2	6 años	26,34 €	
	EasyWMS Basic Educative	550 €	1	6 años	91,67 €	
<b>Total a amortizar anual</b>					<b>297,11 €</b>	
					<b>Tipo</b>	
					<b>Amortización</b>	
					Diaria	0,81 €
					Semanal	5,67 €
					Horaria	0,10 €

Tabla 6: amortización de los bienes usados en la implantación del proyecto

#### 5.4.4. Costes de material consumible

En la

Tabla 7 aparece reflejado el coste anual y horario medio por persona en términos de material consumible:

Concepto	Coste
Folios A4 para impresora	50 €
Suministros para impresión (tóner)	150 €
Material de oficina	50 €
Otros	200 €
<b>Coste total anual</b>	<b>450 €</b>
<b>Coste total anual / persona</b>	<b>150 €</b>
<b>Coste total horario / persona</b>	<b>0,09 €</b>



Tabla 7: costes de material consumible

#### 5.4.5. Costes indirectos

Se entiende por costes indirectos todos aquellos independientes del volumen de producción o de la actividad desarrollada. Entre ellos se encuentran los suministros principales, como luz, agua, calefacción o internet. También podrían incluirse costes de alquiler, pero en este caso no es necesario.

En la Tabla 8 pueden encontrarse desglosados los costes indirectos anuales y horarios por persona:

Concepto	Coste
Teléfono	100 €
Luz	150 €
Agua	60 €
Calefacción	200 €
Internet	350 €
<b>Coste total anual</b>	<b>860 €</b>
<b>Coste total anual / persona</b>	<b>286,67 €</b>
<b>Coste total horario / persona</b>	<b>0,17 €</b>

Tabla 8: costes indirectos

#### 5.4.6. Horas de personal dedicadas a cada fase de proyecto

En la Tabla 9 puede verse el desglose de las horas de personal dedicadas a cada etapa:

Personal	Etapa				
	1	2	3	4	5
Director de proyecto	16	8	40	200	80
Programador	0	8	40	240	160
Auxiliar administrativo	0	0	0	240	80
<b>TOTAL</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>80</b>	<b>680</b>	<b>320</b>

Tabla 9: horas de cada miembro en las diferentes etapas

#### 5.4.7. Costes asignados a cada fase del proyecto

En este apartado va a realizarse un análisis detallado de los costes en los que se incurre en el transcurso de cada una de las etapas definidas anteriormente. Para ello, haremos uso de los diferentes cálculos horarios que se han ido realizando a lo largo del estudio económico.

- **Fase 1: aparición de la necesidad**

En la Tabla 10 pueden verse los costes asociados a esta primera etapa del proyecto:



Concepto		Horas	Coste horario	Coste total
Personal	Director de proyecto	16	28,40 €	454,40 €
	Informático	0	17,85 €	0 €
	Auxiliar administrativo	0	9,74 €	0 €
Amortización	Material de desarrollo	16	0,08 €	1,28 €
	Material de uso	0	0,10 €	0 €
Material consumible	Varios	16	0,09 €	1,44 €
Costes indirectos	Varios	16	0,17 €	2,72 €
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>459,84 €</b>

Tabla 10: costes asociados a la fase 1

- **Fase 2: planificación del proyecto**

Por otro lado, en la Tabla 11 aparecen reflejados los costes de la fase de planificación inicial:

Concepto		Horas	Coste horario	Coste total
Personal	Director de proyecto	8	28,40 €	227,20 €
	Informático	8	17,85 €	142,80 €
	Auxiliar administrativo	0	9,74 €	0 €
Amortización	Material de desarrollo	16	0,08 €	1,28 €
	Material de uso	0	0,10 €	0 €
Material consumible	Varios	16	0,09 €	1,44 €
Costes indirectos	Varios	16	0,17 €	2,72 €
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>375,44 €</b>

Tabla 11: costes asociados a la fase 2

- **Fase 3: recopilación de información**

En cuanto a los costes a los que se incurre en la fase 3:

Concepto		Horas	Coste horario	Coste total
Personal	Director de proyecto	40	28,40 €	1.136,00 €
	Informático	40	17,85 €	714,00 €
	Auxiliar administrativo	0	9,74 €	- €
Amortización	Material de desarrollo	80	0,08 €	6,40 €
	Material de uso	0	0,10 €	- €



Material consumible	Varios	80	0,09 €	7,20 €
Costes indirectos	Varios	80	0,17 €	13,60 €
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>1.877,20 €</b>

Tabla 12: costes asociados a la fase 3

- **Fase 4: ejecución del proyecto**

Esta es la fase más larga del proyecto, y, por lo tanto, será aquella en la que más costes se generarán, los cuales se muestran detallados en la Tabla 13:

Concepto		Horas	Coste horario	Coste total
Personal	Director de proyecto	200	28,40 €	5.680,00 €
	Informático	240	17,85 €	4.284,00 €
	Auxiliar administrativo	240	9,74 €	2.337,60 €
Amortización	Material de desarrollo	600	0,08 €	48,00 €
	Material de uso	80	0,10 €	8,00 €
Material consumible	Varios	680	0,09 €	61,20 €
Costes indirectos	Varios	680	0,17 €	115,60 €
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>12.354,40 €</b>

Tabla 13: costes asociados a la fase 4

- **Fase 5: seguimiento**

Aunque esta última fase puede tener una determinada variabilidad en su duración, se ha considerado que los costes en los que se incurre son los que aparecen reflejados en la Tabla 14:

Concepto		Horas	Coste horario	Coste total
Personal	Director de proyecto	80	28,40 €	2.272,00 €
	Informático	160	17,85 €	2.856,00 €
	Auxiliar administrativo	80	9,74 €	779,20 €
Amortización	Material de desarrollo	60	0,08 €	4,80 €
	Material de uso	260	0,10 €	26,00 €
Material consumible	Varios	320	0,09 €	28,80 €
Costes indirectos	Varios	320	0,17 €	54,40 €
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>6.021,20 €</b>





Tabla 14: costes asociados a la fase 5

#### 5.4.8. Coste total

En la Tabla 15 están recogidos los costes totales de desarrollo del proyecto, conforme a los cálculos realizados anteriormente.

La fase que cuenta con un mayor peso económico es la fase 4, en la que se realiza el desarrollo del proyecto. Esto es lógico, puesto que es la que cuenta con una mayor carga de trabajo, e implica la participación constante de los tres miembros del equipo.

Por otro lado, la etapa de seguimiento también cuenta con unos costes totales bastante elevados, lo cual se debe, en primer lugar, al número de horas estipuladas en el estudio económico: 320 horas. Esta cantidad recoge tanto la formación del personal de la Escuela, como la realización del mantenimiento, modificaciones y mejoras, de cara a mejorar la experiencia de uso. No hay que menospreciar la importancia de esta fase, puesto que puede ser desencadenante para futuros contratos de mantenimiento o ampliaciones del alcance del software, en función de las necesidades de la Escuela Lean.

Así, la cuantía económica total a la que ascienden los costes de realización del proyecto es de 21.268,08 €.

Concepto	Horas	Coste
Fase 1	16	459,84 €
Fase 2	16	375,44 €
Fase 3	80	1.877,20 €
Fase 4	680	12.534,40 €
Fase 5	320	6.021,20 €
<b>TOTAL</b>	<b>1.112</b>	<b>21.268,08 €</b>

Tabla 15: coste total del proyecto





## **CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS**



**Trabajo de Fin de Máster**  
**Francisco Javier Sánchez Nava**



## 6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

### 6.1. Conclusiones

En el primer capítulo de este trabajo se determinaron una serie de objetivos, siendo el principal la parametrización de la Escuela Lean en el sistema de gestión de almacenes EasyWMS Basic de Mecalux. Por otro lado, se hablaba de la adquisición de conocimientos en el uso de SGA, análisis y comparativa entre los diferentes modelos existentes en el mercado o el conocer de manera completa los procesos desarrollados en las diferentes formaciones ofertadas en la Escuela.

Al término de este proyecto, se puede afirmar que estos objetivos han sido cumplidos satisfactoriamente, a pesar de la complicada situación global en la que se ha desarrollado la totalidad del trabajo.

Como se ha comentado a lo largo del desarrollo de este trabajo de fin de máster, la Escuela Lean es una simulación de una producción en una fábrica. Por ende, la complejidad de sus procesos y productos, así como sus necesidades en términos de gestión del almacenamiento, son relativamente reducidas.

No obstante, la configuración de esta empresa en el software de Mecalux ha requerido paciencia, esfuerzo y una comprensión correcta del funcionamiento de la Escuela. Extrapolando, es fácil imaginar el nivel de complejidad que puede suponer para una empresa con un determinado volumen de producción realizar una parametrización completa de sus procesos en este tipo de programas.

Sin embargo, a pesar del esfuerzo, y gracias a los conocimientos adquiridos, he sido capaz de comprender la importancia que tiene en el mundo empresarial actual la implantación de estos softwares de gestión de almacenes. Esto se debe, en primer lugar, al control masivo que adquieren las empresas sobre sus inventarios y operaciones logísticas y de almacén. A pesar de que la mayoría de ERP contienen funcionalidades dedicadas a estas actividades, un SGA es un complemento y una ayuda realmente buenas a la hora de establecer un control exhaustivo sobre los procesos y movimientos que tienen lugar en los almacenes de la empresa.

Por ello, con la elaboración de esta memoria, pretendo transmitir dos ideas al futuro lector o alumno que haga uso de estos conocimientos:

- En primer lugar, como he comentado anteriormente, es importante darse cuenta de la importancia que tiene tanto un SGA como un ERP en la industria actual. Para mí es prácticamente inconcebible el desarrollo de una actividad empresarial en estos tiempos de la llamada industria 4.0 sin hacer uso de estos programas.
- Por otro lado, la elaboración de esta memoria pretende habilitar, en un futuro, a cualquiera que desee implantar y configurar la Escuela Lean en un SGA, puesto que establece unas bases que podrán ser tomadas por compañeros en el futuro



para el desarrollo de mejoras o nuevas implementaciones, como veremos a continuación. También, dota a la Escuela de una idea de futuro para actualizar su formación y sus procesos, transmitiendo a los alumnos las ideas desarrolladas a lo largo del proyecto.

En líneas generales, la realización de este trabajo de fin de máster ha sido una buena oportunidad personal para aprender acerca de estos sistemas, de cara incluso al ámbito profesional. Espero que, en el caso de continuar con el proyecto aquí planteado, pueda servir de ayuda tanto a la Escuela Lean, como a sus alumnos, y, en especial, a los alumnos del Máster de Logística como ejemplo de la importancia de la implantación de un SGA en una empresa.

## 6.2. Líneas futuras

Una de las grandes ventajas que plantea la realización de este proyecto es la inmensidad de puertas abiertas que deja para el futuro. Esto implica que, tanto para próximos alumnos en sus proyectos de fin de máster, así como para la propia organización de la Escuela Lean, se abre un enorme abanico de posibilidades.

Desde mi punto de vista, los próximos pasos que podrían darse son los siguientes:

- Parametrización de los productos de la Escuela Lean: este proyecto implicaría, en primer lugar, el desarrollo de un sistema de código de barras para la identificación de los componentes y los embalajes utilizados en las diferentes producciones. De esta manera, se podrían dar de alta en el sistema de gestión de almacenes, logrando un control exhaustivo de los stocks, productos en tránsito, expediciones y trazabilidad de los productos finales, lo cual es especialmente interesante para plantear situaciones de defectos de calidad o devoluciones del cliente que puedan servir como formación para los alumnos.
- Implantación de un ERP: a pesar de que supondría un determinado coste para la Escuela, sería interesante generar una compatibilidad entre un SGA y un ERP para ver la integración de ambos y las posibilidades derivadas de su uso combinado. Como idea, creo que sería una buena opción usar Openbravo como sistema de planificación de recursos, puesto que es un software cuya licencia ya tiene la Universidad de Valladolid. Además, se forma a los alumnos en su uso en la asignatura de Sistemas de Información y Gestión del Conocimiento de manera previa a la visita a la Escuela Lean, por lo que sería un proyecto asequible para los alumnos, en contraposición a lo que supondría iniciarse en el uso de un ERP como SAP u ORACLE, que son mucho más complicados y difícilmente parametrizables sin conocimientos específicos de estos programas. Añadido a esto, hemos comentado con anterioridad que EasyWMS Basic es compatible con prácticamente todos los ERP del mercado, además de que admite la importación de datos a través de Excel, que es el principal sistema de exportación de



Openbravo, por lo que no habría problema en establecer el funcionamiento conjunto de ambos programas.

- Aplicación de tecnologías RFID para la identificación de los productos: de la mano de la primera idea, el hecho de añadir etiquetas de identificación por radiofrecuencia en los productos ya parametrizados implicaría un salto cualitativo impresionante, en términos de control del stock y de los movimientos de mercancías en el almacén. No obstante, este proyecto requiere una inversión superior, pero podría suponer también una línea de desarrollo interesante para explicar a los alumnos el funcionamiento de muchas fábricas y almacenes de la actualidad.



**Trabajo de Fin de Máster**  
**Francisco Javier Sánchez Nava**





## **CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFÍA**





## 7. Bibliografía

- Actio Global. *Actio Global*. 9 de Noviembre de 2017. <https://actioglobal.com/es/que-es-el-takt-time/> (último acceso: 6 de Abril de 2020).
- Agencia Tributaria Española. *Agencia Tributaria Española*. 1 de Enero de 2020. [https://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/\\_Segmentos\\_/Empresas\\_y\\_profesionales/Empresas/Impuesto\\_sobre\\_Sociedades/Periodos\\_impositivos\\_a\\_partir\\_de\\_1\\_1\\_2015/Base\\_imponible/Amortizacion/Tabla\\_de\\_coeficientes\\_de\\_amortizacion\\_lineal\\_.shtml](https://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/_Segmentos_/Empresas_y_profesionales/Empresas/Impuesto_sobre_Sociedades/Periodos_impositivos_a_partir_de_1_1_2015/Base_imponible/Amortizacion/Tabla_de_coeficientes_de_amortizacion_lineal_.shtml) (último acceso: 24 de Junio de 2020).
- Aldea, Víctor. *Anfix Blog*. 27 de Noviembre de 2017. <https://anfix.com/blog/gestion-del-almacen/> (último acceso: 28 de Abril de 2020).
- Apaza, Rubén. *RubenApaza.com*. 22 de Julio de 2018. <https://www.rubenapaza.com/2018/07/filosofia-lean-y-los-5-principios-del.html> (último acceso: 6 de Abril de 2020).
- Aqua ESolutions. *Aqua ESolutions*. 2020. [https://www.aquaesolutions.com/PR/AF/Software-Gestion-Almacen-Aqua/Gestion\\_Almacenes\\_Caoticos](https://www.aquaesolutions.com/PR/AF/Software-Gestion-Almacen-Aqua/Gestion_Almacenes_Caoticos) (último acceso: 18 de Abril de 2020).
- Berengueres, José. *The Toyota Production System Re-Contextualized*. Dubai: Lulu, 2007.
- Blog para la UNADM. *Blog para la UNADM*. 26 de Junio de 2014. <https://es1421003145.wordpress.com/2014/06/26/las-5ss-en-el-ambito-educativo/> (último acceso: 7 de Abril de 2020).
- Chase, Richard B., y Douglas M. Stewart. *Mistake-Proofing: Designing Errors Out (The Management Master)*. Indiana: Productivity Press, 1995.
- Direct Industry. *Direct Industry*. 2020. <https://www.directindustry.es/prod/dematic/product-32730-574518.html> (último acceso: 21 de Mayo de 2020).
- EAE Business School. *EAE Business School*. 6 de Agosto de 2018. <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/gestion-de-almacenes-todo-lo-que-hay-que-saber/> (último acceso: 28 de Abril de 2020).
- Efe Economía. «Nace la primera escuela Lean como arma para mejorar la competitividad.» *El País*, 29 de Enero de 2014.
- El Norte de Castilla. «La UVA y Renault inauguran la primera Escuela Lean de España.» *El Norte de Castilla*, 28 de Enero de 2014.



- Emmett, Stuart. *Excellence in Warehouse Management. How to Minimise Costs and Maximise Value*. Chichester: John Wiley & Sons, 2005.
- Felipe, Andrés. *Historia-Biografia.com*. 27 de Febrero de 2017. <https://historia-biografia.com/historia-del-lean-manufacturing/> (último acceso: 5 de Abril de 2020).
- Gieicom. *Gieicom*. 15 de Enero de 2019. <https://blog.gieicom.com/que-es-un-wms-y-como-te-ayuda-en-tu-centro-de-distribucion> (último acceso: 18 de Abril de 2020).
- Global Lean. *Global Lean*. 10 de Septiembre de 2019. <http://www.globallean.net/lean-y-su-top-25-poka-yoke-sistemas-a-prueba-de-errores/> (último acceso: 8 de Abril de 2020).
- González Correa, Francisco. «Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales herramientas.» *Panorama Administrativo* (Instituto Tecnológico de Celaya) 1, nº 2 (2007).
- Hernández Matías, Juan Carlos, y Antonio Vizán Idoipe. *Lean Manufacturing: conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI, 2013.
- Hines, Peter, y Nick Rich. «The seven value stream mapping tools.» *International Journal of Operations & Production* (Emerald Insight) 17, nº 1 (Enero 1997).
- Ingrande, Tiziana. *Kailean*. 3 de Diciembre de 2015. <http://kailean.es/muda-mura-muri-toyota/> (último acceso: 7 de Abril de 2020).
- IQMS. *ERP Blog IQMS*. 16 de Noviembre de 2016. <https://erpblog.iqms.com/what-is-warehouse-management-system/> (último acceso: 18 de Abril de 2020).
- Jones, Daniel T., James P. Womack, y Daniel Roos. *The machine that changed the world*. Madrid: Profit, 2017.
- Jones, Daniel T., y James P. Womack. *Lean Thinking*. Nueva York: Gestión 2000, 1996.
- Lean Manufacturing 10. *Lean Manufacturing 10*. 2019. <https://leanmanufacturing10.com/estandarizacion-trabajos-se-implementa-beneficios> (último acceso: 6 de Abril de 2020).
- . *Lean Manufacturing 10*. 2019. <https://leanmanufacturing10.com/herramientas-lean-manufacturing-mas-importantes-implantarlas> (último acceso: 7 de Abril de 2020).
- Lean Roots. *LeanRoots*. 2010. <http://leanroots.com/heijunka.html> (último acceso: 6 de Abril de 2020).



- Lean Six Sigma México. *Lean Six Sigma México*. 29 de Enero de 2016. <http://leansixsigmamexico.blogspot.com/2016/01/las-7-2-formas-de-desperdicio-lean.html> (último acceso: 7 de Abril de 2020).
- Lean Solutions. *Lean Solutions*. Marzo de 2019. <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/vsm-value-stream-mapping/> (último acceso: 7 de Abril de 2020).
- LeanSis. *Excelencia en Operaciones: la Mejora Continua*. Valencia: Proto Tipo, 2019.
- Marco, Juan Antonio. *IMF Business School*. 2020. <https://blogs.imf-formacion.com/blog/logistica/logistica/sistema-poka-yoke/> (último acceso: 8 de Abril de 2020).
- Mecalux. *Mecalux*. 2019. <https://www.mecalux.es/manual-almacen/almacen/que-es-un-sga> (último acceso: 18 de Abril de 2020).
- Miller, Frank. *ProductivityLand*. 11 de Marzo de 2019. <https://productivityland.com/what-is-kanban-board/> (último acceso: 7 de Abril de 2020).
- Mulcahy, David E., y Joachim Sydow. *A Supply Chain Logistics Program for Warehouse Management*. Boca Ratón, Florida: Taylor & Francis Group, 2008.
- Noemí de Movertis. *Movertis*. 3 de Abril de 2019. <https://www.movertis.com/blog/logistica/heijunka> (último acceso: 6 de Abril de 2020).
- Polo Moya, David. *Gestionar Fácil*. 6 de Junio de 2016. <https://www.gestionar-facil.com/gestion-de-almacenes-10-pasos/> (último acceso: 28 de Abril de 2020).
- Prevencionar.com. *Prevencionar.com*. 10 de Enero de 2016. <https://prevencionar.com/2016/01/10/conoces-el-sistema-poka-yoke/> (último acceso: 8 de Abril de 2020).
- ProgressaLean. *ProgressaLean*. 22 de Mayo de 2015. <https://www.progressalean.com/origen-y-evolucion-del-lean-manufacturing/> (último acceso: 5 de Abril de 2020).
- Renault - Nissan Consulting. *Renault - Nissan Consulting*. 2018. <https://rnconsulting.es/nosotros> (último acceso: 13 de Abril de 2020).
- Richards, Gwynne. *Warehouse Management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse*. Londres: Kogan Page, 2011.
- Rodríguez San Quirico, Francisco Javier. *CGI*. 2020. <https://www.cgisa.es/los-9-despilfarros-lean/?cn-reloaded=1> (último acceso: 7 de Abril de 2020).



- Roseke, Bernie. *Project Engineer*. 25 de Septiembre de 2019. <https://www.projectengineer.net/what-to-learn-from-the-toyota-production-system/> (último acceso: 6 de Abril de 2020).
- Rother, Mike, y John Shook. *Learning to see: Value Stream Mapping to create value and eliminate MUDA*. Brookline: The Lean Enterprise Institute, 1999.
- Salazar López, Bryan. *Ingeniería Industrial Online*. 1 de Noviembre de 2019. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/poka-yoke-a-prueba-de-errores/> (último acceso: 8 de Abril de 2020).
- . *Ingeniería Industrial Online*. 24 de Julio de 2019. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-almacenes/que-es-la-gestion-de-almacenes/> (último acceso: 28 de Abril de 2020).
- SAP. «Harness Global, End-to-End Logistics.» *Optimize Warehouse and Distribution Center Operations*. SAP, 2016.
- . *SAP Spain*. 2020. <https://www.sap.com/spain/products/extended-warehouse-management.html> (último acceso: 18 de Abril de 2020).
- Socconini Pérez, Luis Vicente. *Lean Manufacturing Paso a Paso*. Barcelona: Marge Books, 2019.
- SoftwarePara. *SoftwarePara.net*. 2019. <https://softwarepara.net/gestion-almacenes-sga/> (último acceso: 5 de Abril de 2020).
- Soto, Daniel. *Nextech Education Center*. 26 de Diciembre de 2018. <https://nextech.pe/que-es-sap-warehouse-management-sap-wm/> (último acceso: 18 de Abril de 2020).
- ten Hompel, Michael. *Warehouse Management. Automation and Organisation of Warehouse and Order Picking Systems*. Berlín: Springer, 2007.
- Touron, Javier. *Sistemas OEE*. 20 de Agosto de 2019. <https://www.sistemasoe.com/lean-manufacturing/> (último acceso: 5 de Abril de 2020).
- WAP Shanghai. *WAP Shanghai*. 28 de Septiembre de 2019. <https://www.wapshanghai.com/wms-warehouse-management-system/> (último acceso: 5 de Abril de 2020).