



Universidad de Oviedo

Memoria del Trabajo Fin de Máster realizado por  
Álvaro Casado Santos

Para la obtención del título de  
Máster en Ingeniería de Automatización e Informática Industrial

## **IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA MES**

Julio de 2017

## Contenido

1	Introducción .....	6
1.1	Identificación del proyecto.....	6
1.2	Visión General del documento.....	6
1.3	Motivación .....	6
1.4	Visión General del Proyecto .....	7
1.5	Objetivo del proyecto.....	8
1.6	Alcance del proyecto.....	9
2	Antecedentes .....	10
2.1	Manufacturing Execution System (MES).....	10
2.1.1	Artículos .....	12
2.1.2	Lista de materiales - BOM .....	13
2.1.3	Máquinas y Operarios .....	14
2.1.4	Calendarios.....	14
2.1.5	Centros de trabajo.....	14
2.1.6	Rutas.....	15
2.1.7	Órdenes de trabajo .....	15
2.2	Impacto de la implantación de una solución MES .....	16
2.3	Eficiencia energética .....	19
2.4	Sistemas de producción .....	19
2.4.1	Sistema de producción por encargo.....	19
2.4.2	Sistema de producción por lotes.....	19
2.4.3	Sistema de producción continua.....	19
2.5	Indicadores KPI (Key Performance Indicators).....	20
2.5.1	OEE .....	20
2.5.2	Cálculo del OEE.....	20
2.5.3	Mean Time Between Failures (MTBF) – Tiempo Promedio entre Fallos .....	23
2.5.4	Mean Time To Repair (MTTR) – Tiempo Promedio para Reparar.....	24
2.5.5	Disponibilidad.....	25
2.6	Informes .....	25
2.6.1	Informe de estados .....	25
2.6.2	Informe de producción.....	25
2.6.3	Gráfico en cascada de OEE .....	26
2.6.4	Top Paradas.....	26
3	Descripción del proceso .....	27
3.1	Tecnologías existentes en planta .....	27

3.2	Línea de envasado.....	27
3.2.1	Llenado.....	27
3.2.2	Taponado.....	28
3.2.3	Encartonado.....	28
3.2.4	Paletizado.....	28
3.2.5	Funcionamiento general y otras consideraciones.....	28
4	Análisis de alternativas.....	29
4.1	Wonderware.....	29
4.1.1	Wonderware MES.....	29
4.1.2	Archestra IDE.....	30
4.1.3	InTouch.....	30
4.1.4	Historian.....	30
4.2	OMNE.....	31
4.3	Discusión.....	31
5	Descripción de la solución.....	33
5.1	Simulación.....	33
5.1.1	Descripción Funcional.....	33
5.1.2	Plantillas.....	33
5.1.3	Objetos.....	34
5.1.4	Migración de Simulación a Implementación Real.....	36
5.1.5	Diseño del entorno gráfico en InTouch.....	36
5.2	Sistema MES.....	37
5.2.1	Artículos.....	40
5.2.2	BOM.....	41
5.2.3	Operarios.....	42
5.2.4	Calendarios.....	42
5.2.5	Máquinas.....	43
5.2.6	Centros de trabajo.....	46
5.2.7	Rutas.....	48
5.2.8	Almacenes.....	49
5.2.9	Ordenes de trabajo.....	49
5.2.10	Informes.....	51
6	Arquitectura.....	56
7	Planificación y Presupuesto.....	58
7.1	Diagrama de Gantt de la planificación del proyecto.....	58
7.2	Presupuesto.....	59

8	Conclusiones y trabajos futuros .....	62
9	Glosario .....	63
	Referencias.....	66

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Pirámide de la automatización.....	7
Ilustración 2: Línea de producción.....	8
Ilustración 3: Funcionalidades básicas MES según MESA.....	10
Ilustración 4: Elementos MES.....	12
Ilustración 5: Artículos alternativos.....	12
Ilustración 6: Artículos y componentes de una BOM.....	13
Ilustración 7: Layout de planta.....	14
Ilustración 8: Ejemplo ruta fabricación.....	15
Ilustración 9: Mejora de variables económico-financieras.....	17
Ilustración 10: Mejora de variables operativas.....	18
Ilustración 11: OEE.....	20
Ilustración 12: Tipos de pérdidas OEE.....	21
Ilustración 13: MTTR.....	24
Ilustración 14: Informe de estados.....	25
Ilustración 15: Informe de producción.....	26
Ilustración 16: Gráfico en cascada de OEE.....	26
Ilustración 17: Componentes InTouch.....	30
Ilustración 18: Plantillas de la aplicación.....	34
Ilustración 19: Jerarquía de objetos.....	35
Ilustración 20: Detalle de un objeto. Pestaña de extensiones.....	35
Ilustración 21: Detalle del script de mapeo simulación.....	36
Ilustración 22: Detalle del script de desmapeo.....	36
Ilustración 23: Librería de símbolos creados.....	36
Ilustración 24: HMI diseñado en InTouch.....	37
Ilustración 25: Flujograma secuencia de las señales.....	38
Ilustración 26: Interfaz original OMNE.....	39
Ilustración 27: Menú principal del nuevo interfaz de OMNE.....	39
Ilustración 28: Artículos.....	40
Ilustración 29: Captura del listado de artículos.....	40
Ilustración 30: Detalle de las características de lote.....	41
Ilustración 31: BOM.....	41
Ilustración 32: Captura del listado de BOM.....	42
Ilustración 33: Captura del listado de operarios.....	42
Ilustración 34: Captura del calendario.....	43
Ilustración 35: Captura del listado de máquinas.....	44
Ilustración 36: Captura del detalle de máquina.....	44
Ilustración 37: Captura del listado de señales nominales de máquina.....	45
Ilustración 38: Captura del detalle de la señal nominal.....	45
Ilustración 39: Layout de planta.....	47
Ilustración 40: Captura del listado de centros de trabajo.....	47
Ilustración 41: Captura del detalle del centro de trabajo.....	47
Ilustración 42: Captura del listado de máquinas del centro de trabajo.....	48
Ilustración 43: Esquema de la ruta.....	48
Ilustración 44: Captura de la ruta.....	49
Ilustración 45: Captura del listado de almacenes.....	49
Ilustración 46: Captura de órdenes de trabajo. Detalle BOM.....	50

Ilustración 47: Captura de órdenes de trabajo. Detalle Ruta .....	50
Ilustración 48: Captura informe estados (1) .....	51
Ilustración 49: Captura informe estados (2) .....	52
Ilustración 50: Captura informe estados (3) .....	53
Ilustración 51: Captura informe producción .....	54
Ilustración 52: Captura informe OEE.....	55
Ilustración 53: Diagrama arquitectura .....	57

## Índice de tablas

Tabla 1: Las 6 Grandes pérdidas.....	22
Tabla 2: Clasificación OEE.....	23
Tabla 3: Señales máquinas .....	46

## 1 Introducción

### 1.1 Identificación del proyecto

El presente trabajo tiene como objetivo la finalización de los estudios de Master en Ingeniería de Automatización e Informática Industrial por la Universidad de Oviedo y la consecución de la titulación correspondiente.

**Título:** Implantación de un sistema MES

**Área Proponente:** Ingeniería de Sistemas y Automática

**Tutor Académico:** José María Enguita González

**Empresa:** INTERMARK-IT

**Tutor de Empresa:** Isaac Pérez

**Alumno Projectante:** Álvaro Casado Santos

**N.º Matrícula:** UO253843

### 1.2 Visión General del documento

El documento tiene como propósito dar una visión detallada del proyecto desarrollado, desde los aspectos más generales a sus detalles particulares.

En primer lugar, se desarrollará una introducción sobre el ámbito en el que se desarrolla el proyecto, incluyendo razonamientos y explicaciones acerca de la necesidad de la aplicación del mismo. Posteriormente se describirán de forma teórica los pilares necesarios para que el lector comprenda el proyecto. A continuación, se analizarán las diferentes alternativas existentes, para dar paso a la descripción de la solución final tomada.

En este documento se incluirá, por tanto, información sobre las directrices y tareas realizadas para su desarrollo, una descripción de la solución tomada y una recapitulación de los resultados y conclusiones obtenidas.

Por último, se añaden una serie de propuestas que conforman la línea de trabajos futuros del proyecto.

### 1.3 Motivación

Actualmente, la globalización de la economía y las tendencias de consumo han transferido una gran presión sobre los procesos productivos, que se han visto expuestos a la incorporación de nuevos factores para el incremento de su efectividad y competitividad. Al mismo tiempo que la necesidad de mejorar las cifras aumenta, los estándares de calidad cada vez son más rígidos. Por esta razón, cada vez es más complicado alcanzar los objetivos.

Durante los últimos años la presión ha sido reducida realojando los centros de producción en países con mano de obra barata, sin embargo, esta solo es una solución a medio plazo ya que se pronostica que esta tendencia incrementará los costes de la mano de obra en esos países, generando la necesidad de que aparezcan nuevas soluciones. Estas soluciones deben enfocarse en incrementar la eficiencia de los procesos productivos. Sin embargo, el grado de automatización ya es en la actualidad muy elevado por lo que modificar el proceso productivo no conllevará un incremento significativo en la eficiencia. Deberán aplicarse otras herramientas que permitan un uso más eficiente de los recursos.

Por otra parte, están surgiendo nuevos retos y conceptos como es la “Industria 4.0”. Mark Watson, director asociado para la automatización industrial de IHS, define el concepto como: “El desafío para la cuarta revolución industrial es el desarrollo de software y sistemas de análisis que convierten el diluvio de datos producidos por las fábricas inteligentes en información útil y valiosa.”

Las herramientas que actualmente están implantadas en la industria son sistemas situados en la capa de administración (ERP - *Enterprise Resource Planning*), muy alejados de los elementos de campo. Los nuevos sistemas que se necesitan deben hacer de unión entre el control de la planta y la administración y deben incluir funciones que permitan planificación, trazabilidad, *logging*,... Todo ello con capacidad de respuesta en tiempo real.

Para dar respuesta a estos planteamientos ha surgido el concepto de *Manufacturing Execution System*, más conocido como *MES*.



Ilustración 1: Pirámide de la automatización.

Fuente: Centro de Ciberseguridad Industrial

#### 1.4 Visión General del Proyecto

Este proyecto nace de la necesidad del cliente Industrias Lácteas de mejorar su proceso productivo de envasado de lácteos. El presente proyecto se sitúa en el ámbito industrial, en particular, sobre una línea de envasado de leche y da solución a las necesidades de mejora propuestas por el cliente, que en los próximos capítulos serán expuestas.

Para entender qué es una línea de envasado, debemos aclarar antes qué es una línea de producción. Una línea de producción es un conjunto de estaciones que están enlazadas cuyo objetivo es transformar las materias primas en un producto final. Cada estación hace diferentes operaciones y la secuencia de todas las operaciones define el producto final. La estación más lenta rige el ritmo de la línea.



Ilustración 2: Línea de producción.

Fuente: <http://rrkge.com>

Una línea de envasado puede ser una parte de la línea de producción o ser la línea de producción propiamente dicha. En cualquiera de los dos casos, una línea de envasado cuenta con una serie de estaciones que permiten alcanzar el objetivo principal de la misma, que es introducir el producto final en un envase para que este pueda llegar al cliente. La mayor parte de las líneas de envasado tienen una estructura prototipo. Muchas de las operaciones son genéricas y suelen repetirse independientemente del producto que se envase.

El esquema general de operaciones es el siguiente: El producto pasa por la llenadora donde se introduce en el envase, el cual puede venir ya conformado como en el caso de las botellas de cristal, puede generarse en etapas anteriores por inyección de plásticos, o puede que se fabrique en el momento del llenado como es el caso de los briks. Posteriormente se adhiere la etiqueta aplicando pegamento sobre la superficie del envase o aplicando calor para que el plástico termoencogible se adapte al contorno y a continuación se tapona conformando el formato que llegará al cliente final. Los envases se agrupan en packs para introducirlos en cajas y posteriormente las cajas se apilan en palés para facilitar su transporte y almacenado.

El conjunto de etapas descritas presenta diversos retos tanto a nivel individual como a nivel de funcionamiento colectivo. Por ello se precisan herramientas que permitan la toma de decisiones para un uso eficiente de los recursos.

### 1.5 Objetivo del proyecto

El objetivo del presente proyecto es la implantación de una herramienta MES (*Manufacturing Execution System*) para optimizar el proceso de envasado de lácteos. De esta forma conseguiremos satisfacer las necesidades del cliente que desea incrementar la productividad, reducir el tiempo de ciclo y un uso eficiente de los activos de la línea.

El cliente ya posee las máquinas y la red tecnológica desplegada para la producción de sus productos, así como la arquitectura de control de planta. Esto implica que para cumplir nuestro objetivo debemos ajustar la solución para no solo no interferir con las tecnologías existentes, sino potenciarlas para obtener unos resultados favorables.

Como se trata de una implantación novedosa, y para garantizar la fiabilidad del desarrollo definiremos un objetivo secundario que nos ayude a cumplir el objetivo principal. Este objetivo secundario será implementar una simulación del proceso, de tal forma que podremos utilizar la simulación como herramienta de apoyo para comenzar a diseñar los diferentes aspectos del MES sobre el entorno simulado.

## 1.6 Alcance del proyecto

La implantación de un sistema MES es un proyecto ambicioso de gran envergadura, por tanto, en lo que respecta a la realización del trabajo de fin de máster, el alcance del proyecto que va a ser presentado no llegará hasta la implantación en producción. Esta tarea será propuesta en el apartado de trabajos futuros, incluyendo las pautas para su correcta realización.

## 2 Antecedentes

### 2.1 Manufacturing Execution System (MES)

Un sistema MES es un sistema informático utilizado en la industria de fabricación para poder hacer un seguimiento de la transformación de las materias primas en bienes terminados. MES proporciona información a los ingenieros del proceso, ayudándoles a comprender la situación actual de la planta y cómo las condiciones actuales pueden ser optimizadas para mejorar la productividad. Para ello son importantes dos elementos: Trabajar en tiempo real y controlar todos los elementos del proceso productivo (personal, máquinas, materias primas, etc.).

MESA, *Manufacturing Enterprise Solutions Association* es una asociación industrial que se centra en mejorar los procesos productivos a través de la optimización de las aplicaciones existentes y la introducción de nuevas innovaciones. Generando una integración tanto vertical como horizontal y permitiendo que los datos se integren a todos los niveles, conectando la parte de gestión con la parte de producción. MESA es la primera organización que vela por definir y estandarizar el concepto y alcance de las soluciones MES. Un MES por lo tanto podría ser considerado como el paso intermedio entre la parte de gestión con su ERP y la parte de supervisión controlada por el SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*).

Según MESA, una solución MES debe cumplir 11 funcionalidades básicas:



Ilustración 3: Funcionalidades básicas MES según MESA.

Fuente: <http://www.mesa.org>

#### 1. Planificación de las operaciones:

Planificación óptima de las secuencias de trabajo teniendo en cuenta las condiciones de las mismas y los recursos disponibles.

- 2. Gestión de los recursos y estados:**  
Administración y control de los recursos relevantes como máquinas, personal, etc.
- 3. Control de las unidades de producción:**  
Gestión del orden de producción basado en lotes u órdenes de trabajo. Respuesta en tiempo real a los eventos.
- 4. Control de la documentación:**  
Toda la información relevante sobre el proceso productivo ha de estar accesible al personal, el cual también puede registrar anomalías.
- 5. Trazabilidad de producto:**  
Registro de todos los datos proporcionados a lo largo de la cadena de producción para asegurar que todos los productos son trazables.
- 6. Análisis de indicadores de rendimiento:**  
Capacidad de analizar en tiempo real el funcionamiento general del proceso detectando retrasos, cantidad de producción, etc. Parámetros de utilidad para analizar la eficiencia. Puede incluir gráficos de rendimiento como herramienta para el operario.
- 7. Gestión del laboral:**  
Almacenamiento de datos del personal como horarios, horas laborables, calendarios.
- 8. Gestión de mantenimiento:**  
Registro del uso de los recursos y horas de uso para planificar mantenimiento periódico.
- 9. Gestión del proceso:**  
Monitorización del proceso de producción para permitir al operario intervenir sobre él.
- 10. Gestión de calidad:**  
Análisis de los datos relacionados con el proceso productivo en tiempo real para mantener la calidad del producto final y tener la capacidad de identificar los problemas y puntos débiles a tiempo.
- 11. Captura de información:**  
Recogida de todos los datos que intervienen en el proceso productivo, mediante recolección automática o manual. Estos datos deberán ser vinculados a cada unidad de producción.

MES puede operar sobre diferentes enfoques funcionales: Gestión de las definiciones de productos a lo largo del ciclo de vida del producto, planificación de los recursos, gestión de calendarios de producción, ejecución de las órdenes de producción, análisis en profundidad de la producción y gestión de los tiempos perdidos mediante indicadores como OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). Tener un control total sobre todo el proceso puede ser especialmente importante en industrias como la de alimentos y bebidas (*food and beverage*) o la farmacéutica, donde la documentación de las acciones, eventos y demás variables pueden ser necesarias después de finalizar el proceso. (1)

MES implementa una solución para el control completo del proceso productivo. Esto implica que hemos de definir todos los segmentos integrantes del mismo, tanto materiales como inmateriales. En primer lugar, definiremos lo que se fabrica y con qué materias se fabrica, es lo que denominaremos artículos. Para fabricar los productos finales a partir de las materias primas necesitamos conocer la lista de materiales o BOM (*Bill Of Materials*). Para fabricar los artículos debemos además hacer uso de otros recursos como son las máquinas y los operarios, que se agruparán por centros de trabajo para constituir el *layout* de planta. Fabricar un artículo conlleva una serie de etapas a través de las diferentes máquinas que definiremos en las rutas de trabajo. Finalmente, para ejecutar la producción de un artículo es necesario definir una orden de trabajo.

A continuación, describiremos de forma más detallada cada uno de los elementos integrantes en un MES, apoyándonos en un ejemplo sencillo, fabricar una silla.

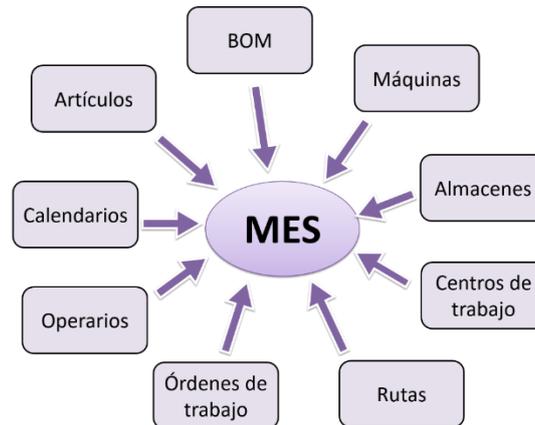


Ilustración 4: Elementos MES

### 2.1.1 Artículos

Un artículo es un material comprado, un producto fabricado o semi-elaborado creado en el proceso productivo. Pero además un artículo puede ser algo intangible: un artículo puede representar un objeto no físico, puede referirse a un TAG que represente el valor de una señal, un contador, o un coste asociado a una actividad. Los artículos son la base de muchos de los campos necesarios para la implementación de un MES, por lo que es importante definirlos correctamente. Para definir correctamente un artículo debemos atender a las siguientes propiedades:

- **Datos generales:** Son una definición genérica del artículo, se recogen los aspectos generales más importantes como pueden ser identificadores o tipo de artículo.
- **Datos de inventario:** Recoge la información de inventario necesaria para la gestión de los artículos.
- **Datos de fabricación:** Define los parámetros de producción o proceso de un determinado artículo.
- **Datos artículo de coste:** Se trata de artículos no inventariables, es decir, no mueven unidades físicas, sino que solo consumen coste o unidades de tiempo.
- **Planos:** Planos acotados del artículo si es necesario.

Un artículo alternativo es aquel que puede sustituir a otro. Los artículos reversibles pueden sustituirse por otro, pero requieren intervención manual para realizar el cambio, es decir, requieren de la aprobación de un operario. Los artículos intercambiables pueden sustituirse uno por otro en cualquier momento.

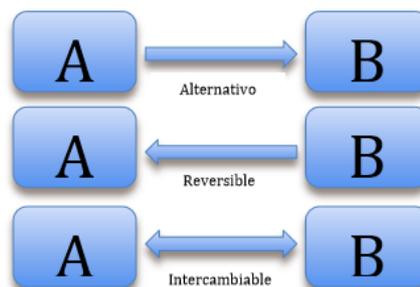


Ilustración 5: Artículos alternativos

Dentro de los artículos podemos distinguir dos niveles. Un componente es un artículo utilizado para fabricar otro artículo de nivel más alto. Un artículo de fabricación es el resultado de una actividad que se realiza sobre uno o más artículos de nivel inferior. No tiene por qué ser necesariamente el producto final de un proceso de fabricación. Un artículo de fabricación puede ser a su vez un componente de otro proceso necesario para producir un artículo fabricado final.

Comenzaremos, una vez conocida la base teórica, a ver un ejemplo. Para fabricar nuestra silla necesitaremos definir los siguientes artículos:

- Silla.
- Respaldo.
- Asiento.
- Tela.
- Espuma.
- Marco.
- Tubo.

### 2.1.2 Lista de materiales - BOM

La lista de materiales, más conocida como BOM (*Bill Of Materials*) es un listado que incluye todos los componentes y datos necesarios para elaborar un artículo. La BOM establece la relación (entre padres e hijos) entre un artículo fabricado y sus componentes; siendo un componente un artículo utilizado para fabricar otro artículo de nivel más alto.

La lista de materiales también puede ser de gran utilidad para calcular el coste de un artículo y permite verificar si se dispone o no de las unidades necesarias en el almacén para poder realizar la fabricación del artículo padre, y generar las notificaciones oportunas en caso de ser necesario.

Como norma general, cuando se genera una BOM de un artículo “de proceso”, es decir, un artículo cuya producción sea en cadena; se deben detallar las cantidades mediante porcentajes de cada componente que conforma el producto final.

Al realizar las listas de materiales es posible cometer errores e introducir un artículo como hijo de él mismo. Este error es sencillo de detectar en el caso de que el artículo sea componente de sí mismo, sin embargo, cuanto mayor sea la jerarquía, más complicado será detectar este tipo de errores. Los fallos de este tipo generan bucles BOM, bucles cerrados en las listas de materiales que pueden provocar fallas.

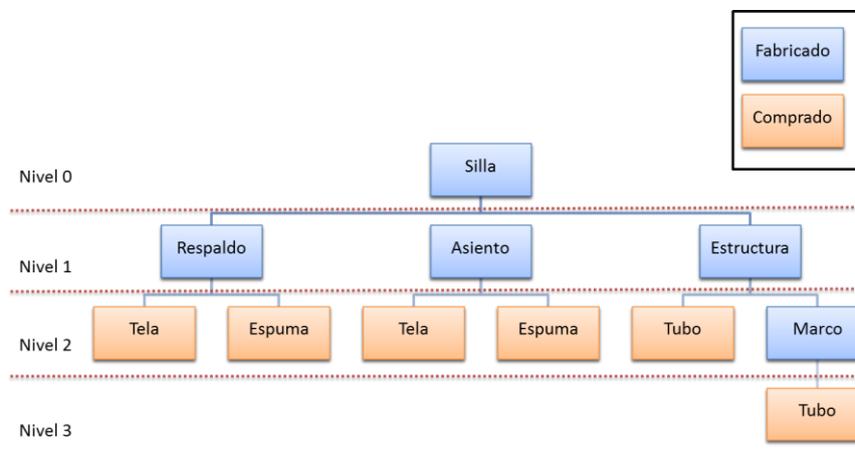


Ilustración 6: Artículos y componentes de una BOM

En la figura superior se presenta un ejemplo de una parte de la BOM necesaria para producir nuestra silla, un mismo artículo como el tubo puede ser componente a diferentes niveles, pero nunca puede ser hijo de él mismo.

### 2.1.3 Máquinas y Operarios

Forman junto con los artículos la base de cualquier sistema MES, por lo que es de vital importancia definir e instanciar cada uno de los elementos de forma correcta, ya que muchos de sus parámetros son necesarios en posteriores módulos.

Por una parte, los operarios deben asociarse a su centro de trabajo, por lo que deben darse de alta en él para habilitar las funcionalidades. Por otro lado, cada máquina también pertenece a un centro de trabajo al que debe ser asociada para poder establecer una jerarquía de la planta. Además, las máquinas tienen una serie de señales asociadas, que serán las que den lugar al funcionamiento del proceso según las especificaciones.

La lectura de los valores de campo se realiza a través de los TAGs asociados a las señales de las máquinas. No es necesario agregar todos los TAG que tiene una máquina, bastará con agregar los que sean necesarios o de utilidad.

Para fabricar nuestra silla necesitaremos dar de alta a los operarios y máquinas de cortado, soldado, pintura, ensamblaje, etc.

### 2.1.4 Calendarios

Debido a las imposiciones temporales presentes en cualquier proyecto, es importante tener acceso a una herramienta que permita realizar un seguimiento del trabajo. El calendario permite conocer el tiempo disponible de trabajo y los turnos. De esta forma podremos conocer si se están cumpliendo los objetivos planificados. Teniendo en cuenta que dentro de la misma planta puede haber diferentes horarios y turnos, es importante poder asociar diferentes calendarios de forma flexible.

### 2.1.5 Centros de trabajo

Un centro de trabajo es una unidad funcional formada por operarios y máquinas; que permite establecer una división jerárquica (padre e hijo) de la planta. Todos los operarios y máquinas deben haberse dado de alta antes de poder formar parte de un centro de trabajo, esto significa que el centro de trabajo solo los contiene, no los define. Además, un centro de trabajo puede contener señales propias independientes de las de sus máquinas, como pueden ser el consumo total, la temperatura de la sala, etc. Los centros de trabajo nos permiten definir el *layout* de planta.

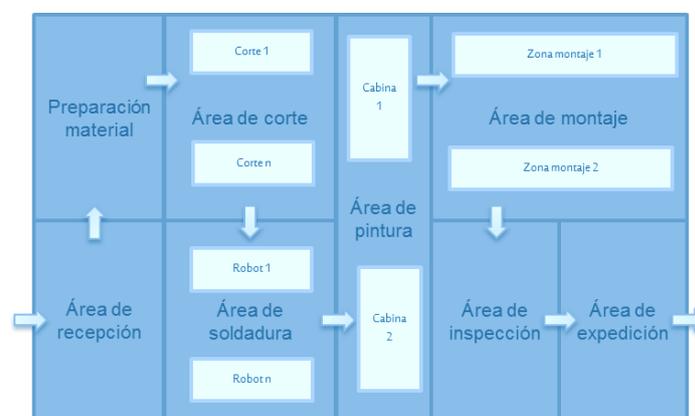


Ilustración 7: Layout de planta

Las máquinas y operarios que anteriormente definimos para fabricar la silla se agrupan por funcionalidades para conformar el *layout* de planta de la figura superior.

### 2.1.6 Rutas

Una ruta registra los pasos de fabricación (operaciones) necesarios para producir un artículo, incluyendo los datos necesarios para el control de la información de planta. Una ruta incluye:

- Organización secuencial de los trabajos a realizar.
- Ubicación donde se ejecutan las tareas.
- Máquinas y trabajadores necesarios para realizar las tareas.
- Tiempo estimado de ejecución.

Es importante tener en cuenta que un artículo puede tener varias rutas de producción. Se utilizan rutas alternativas cuando la ruta normal no funciona, cuando existe una demanda inusual en uno de los centros de trabajo o cuando se rompe una máquina crítica, o por ajustes de la planificación.

Un ejemplo de una ruta de producción para nuestra silla sería el siguiente.

Artículo de Fabricación: Silla		Ruta de Fabricación: 1				
W/C 25		W/C 30		W/C 51		
601 Cortar	602 Soldar	501 Pintar	700 Inspeccionar			
Artículo	Silla					
Ruta de fabricación	1					
Operación	Tarea	W/C	Máquina	T.Preparación	Ratio Prod.	Tiempo Ejec.
10	601	25	100200	30 min	6/H	10.00 min
20	602	25		10 min	5/H	12.00 min
30	501	30		0	20/H	3.00 min
40	700	51		0	30/H	2.00 min

Ilustración 8: Ejemplo ruta fabricación

### 2.1.7 Órdenes de trabajo

Una orden de trabajo es una instancia de un proceso que recoge toda la información asociada a la producción de un artículo. Además, vincula la BOM y la ruta seleccionada para el proceso.

Una orden de trabajo puede encontrarse en los siguientes estados:

- **Planificada/Lista:** lista para ser fabricada.
- **Lanzada:** Está en el sistema y se puede comenzar a fabricar, es decir a imputar y notificar acciones.
- **Cerrada:** Se da la orden por finalizada y no se puede realizar ninguna modificación, ni acción sobre la misma.
- **Cancelada:** Se trata de la anulación de una orden, que está planificada o lanzada si no se ha realizado ninguna imputación sobre la misma.
- **En Espera:** La orden se encuentra lanzada pero no se ejecuta.

Las órdenes de trabajo, en adelante OT, también incluyen planificación temporal, incluyendo las fechas de inicio y fin.

Las órdenes de trabajo admiten las siguientes acciones:

- Arrancar OT
- Cambiar OT
- Finalizar OT
- Pausar OT

#### *Arrancar OT*

Al comienzo de lanzar una orden de trabajo, se debe comprobar si el ID de la OT es el mismo que en las máquinas anteriores para mantener consistencia en los datos en tiempo real en la línea. Para conseguirlo, el sistema comenzará la nueva OT en la máquina anterior si esta no tiene ninguna OT. Este procedimiento permite extender la OT a lo largo de todas las máquinas previas que no tengan una OT activa. Por otra parte, el sistema terminará la OT actual y comenzará automáticamente la nueva si la máquina anterior está ejecutando la OT antigua. Este procedimiento se extenderá a lo largo de todas las máquinas anteriores que tienen la OT anterior activa. Al arrancar una OT, la OT cambia su estado de LISTA a LANZADA.

#### *Cambiar OT*

Un cambio de OT implica que la OT actual cambie de estado de LANZADA a CERRADA y la nueva cambie su estado de LISTA a LANZADA.

Se dan varios casos en los que es necesario un cambio de OT. Cuando se ha alcanzado el objetivo de producción, cuando hay que realizar un cambio de artículo de producción, en los casos en los que se debe ejecutar una OT de limpieza, etc.

#### *Finalizar OT*

Al finalizar una OT hemos de tener en cuenta que la OT no pasará al estado CERRADA hasta que se termine la última orden de la línea. En caso de una línea de envasado, el fin de la OT lo marca la paletizadora, a partir de la cual se extenderá aguas arriba a las máquinas que la preceden. Las líneas que tienen operaciones de CIP (*Cleaning In Place*) finales, estas operaciones también han de tenerse en cuenta para poder finalizar la OT.

El estado de una OT finalizada cambiará de LANZADA a CERRADA. Además, el estado de la máquina/línea evolucionará a "Sin Programa" en caso de no comenzar una nueva OT.

#### *Pausar OT*

Esta opción permite la posibilidad de volver a arrancar una OT en el futuro. Desde el punto de vista de un MES, pausar una OT es lo mismo que finalizarla excepto que el estado de la OT pasa a ser EN ESPERA en vez de CERRADA. La orden de trabajo vuelve a pasar a la lista de las órdenes que están disponibles para ser ejecutadas. Una OT pausada puede configurarse para que pase a CERRADA después de un número determinado de horas.

## 2.2 Impacto de la implantación de una solución MES

Para cuantificar las mejoras asociadas a la implantación de un sistema MES en un proceso productivo podemos apoyarnos en cuatro indicadores:

- Minimización del coste operacional
  - Rendimiento general de producción.
  - Reducción de mermas en materias primas.

- Coste energético.
- Integración de datos. Eliminación de datos redundantes.
- **Return On Assets (ROA)**
  - Medir el rendimiento global de los activos y asegurar la mejor tasa de retorno.
  - Mejora de la capacidad de respuesta para optimizar el uso de los activos.
  - Mejorar los consumos y ajustar las tarifas energéticas a los mismos.
- **Cumplimiento de compromisos**
  - Mejora sobre la planificación y capacidad
  - Mejora en la toma de decisiones de forma jerárquica, de tal manera que cada nivel solo tiene acceso a los datos de interés.
- **Calidad**
  - Medición de la calidad. Poner en marcha procesos que aseguren que las operaciones cumplen con los estándares.
  - Fabricar sin rechazos. Aplicación de un sistema que permita dirigir todas las operaciones para alcanzar los objetivos.

La implantación de sistemas integrados de información y seguimiento de indicadores en planta permiten mejorar tanto las variables económico-financieras como las operativas según muestran los siguientes gráficos:

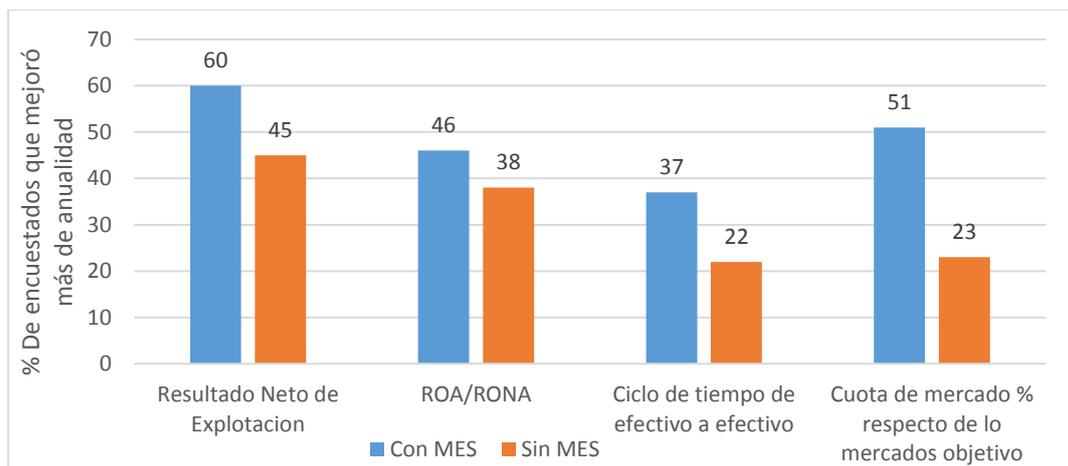


Ilustración 9: Mejora de variables económico-financieras

Fuente: Metrics the Matte: Uncovering KPIs that Justify Operational Improvements, © MESA International & Industry Directions Inc.

Las empresas que utilizan MES son más propensas a mostrar una mejora anual en de las medidas financieras y de negocio.

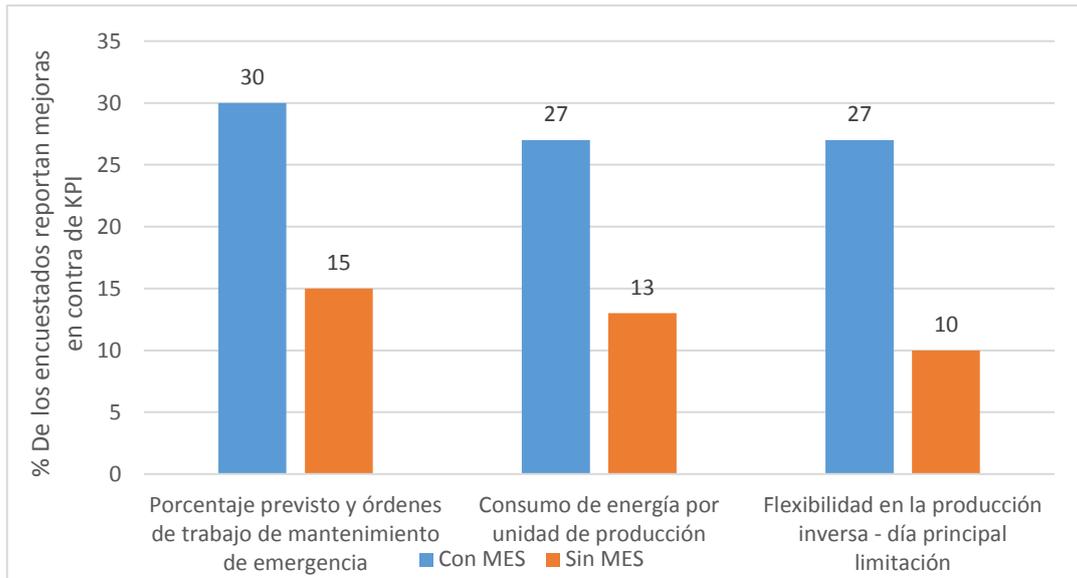


Ilustración 10: Mejora de variables operativas

Fuente: *Metrics the Matte: Uncovering KPIs that Justify Operational Improvements*, © MESA International & Industry Directions Inc.

Las empresas que utilizan MES son mucho más propensas a mejorar en los indicadores operativos utilizados para la confiabilidad, el costo y la capacidad de responder rápidamente a las nuevas demandas.

De acuerdo con los indicadores de mejora citados anteriormente, podemos calificar y cuantificar las siguientes mejoras en las diferentes fases del proyecto.

- Integración de una plataforma tecnológica estándar.
- Eliminación de datos por duplicado.
- Mejora la fiabilidad de dichos datos limitando los errores.
- Mejora la toma de decisiones al suministrar información en tiempo real de planta.
- Permite medir y seguir los consumos de energía.
- Ayuda a mejorar la calidad (mejora en la visibilidad de las causas de defectos) y la productividad (mejora en la visibilidad de las causas de parada).
- Reduce las mermas.

De acuerdo con una encuesta realizada por la organización internacional MESA los beneficios obtenidos son:

- Reducción de documentos de trabajo en el 67% de las empresas.
- Reducción del tiempo de trabajo perdido en el 55% de las empresas.
- Reducción del tiempo de introducción de datos en un 36%.
- Reducción del tiempo de ciclo en un 35%.
- Reducción de retrasos en un 22%.
- Toma de decisiones en base a indicadores de la productividad.
- Aumento de eficiencia global: 40%.
- Descenso de la tasa de defectos de los procesos: 90%.
- Descenso de reclamaciones de los clientes: 70%.
- Reducción de los costes de producción: 30%.
- Reducción de stocks de productos y trabajos en curso: 50%.

- Descenso de los incidentes medioambientales.

### 2.3 Eficiencia energética

El consumo energético es uno de los gastos más remarcables de cualquier proceso productivo. La maquinaria utilizada y los largos turnos de trabajo hacen que el gasto en energía sea muy elevado. Con el objetivo de reducir al máximo este consumo, se han desarrollado durante los últimos años herramientas de gestión energética en tiempo real. Mediante estas herramientas es posible alcanzar los objetivos económicos de cualquier proceso productivo, conociendo lo que se gasta y dónde se gasta. De esta forma, es posible detectar picos de consumo para poder evitarlos y se pueden optimizar las condiciones de suministro de energía.

Para registrar el consumo, las entradas pueden hacerse de forma manual o de forma automática, recogiendo las señales procedentes de los *smart meters* o medidores inteligentes. La aparición de estos últimos dispositivos ha permitido el desarrollo de las tecnologías de explotación de datos de consumo: análisis y disgregación de datos, predicción, etc.

### 2.4 Sistemas de producción

Un sistema de producción es la forma en que se organizan la entrada de materias primas y el conjunto de operaciones de producción para conformar los productos terminados; consiguiendo una interdependencia lógica entre todas las etapas del proceso productivo.

Existen tres tipos de sistemas de producción: la producción por encargo, por lotes y continua.

#### 2.4.1 Sistema de producción por encargo

La producción comienza una vez se ha realizado el pedido de los artículos. Esto implica la existencia de un acuerdo entre el cliente y la empresa en el que se detallan las especificaciones del artículo. Estas especificaciones permitirán la planificación del trabajo, definición de materias primas a utilizar y los recursos tanto humanos como de maquinaria necesarios.

#### 2.4.2 Sistema de producción por lotes

Este sistema de fabricación se caracteriza por la producción de una cantidad limitada de unidades de un artículo de una vez. Esa cantidad limitada se denomina *batch* o *lote de producción*.

Cada lote de producción se calcula atendiendo al volumen de ventas previsto, por lo que al contrario que en el caso del sistema de *producción por encargo*, el plan de producción se hace anticipadamente y la empresa puede aprovechar mejor sus recursos con mayor grado de libertad. Los lotes cuentan con un identificador para poder realizar una trazabilidad del artículo. Además, cada lote exige un plan de producción específico, que incluye ruta, órdenes de trabajo, BOM, ...

#### 2.4.3 Sistema de producción continua

El sistema de producción continua elabora un determinado artículo que no sufre modificaciones durante un largo periodo de tiempo. El ritmo de producción es alto y las operaciones se ejecutan sin interrupción o cambios. Como ni el artículo ni el proceso productivo sufren cambios, el sistema se encuentra en un estado de perfeccionamiento y depuración continua.

En la producción continua, el procesamiento de material es continuo y progresivo. Las etapas se encadenan una detrás de otra sin esperas, por lo que es importante la sincronización y el test de calidad en tiempo de producción. Un retaso en cualquier etapa se propagará por todo el proceso productivo. (2)

## 2.5 Indicadores KPI (Key Performance Indicators)

A continuación, describiremos los indicadores más comunes en el entorno industrial para contrastar el cumplimiento de los objetivos. Describiremos el OEE, MTBF, MTTR y la disponibilidad.

### 2.5.1 OEE

OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) o en español Eficiencia General de los Equipos, es un ratio porcentual que permite medir la eficiencia productiva de cualquier proceso. La ventaja de OEE frente a otras escalas es que mide con un único valor todos los parámetros fundamentales de pérdidas en la producción: Disponibilidad, Calidad y Rendimiento. De esta forma podemos conocer el rendimiento global y además es posible saber si lo que falta hasta el 100% se ha perdido por:

- Disponibilidad, lo que significaría que no se produjo durante todo el tiempo que debería haberse producido.
- Rendimiento, lo que significaría que se han fabricado menos unidades de las que se podría fabricar.
- Calidad, lo que significaría que no se produjo con la calidad esperada (piezas defectuosas).

Un OEE del 60% significa que de cada 100 productos buenos que se podrían haber producido, solo se han producido 60.

### 2.5.2 Cálculo del OEE

El OEE resulta de multiplicar otras tres razones porcentuales: la Disponibilidad, la Eficiencia y la Calidad.

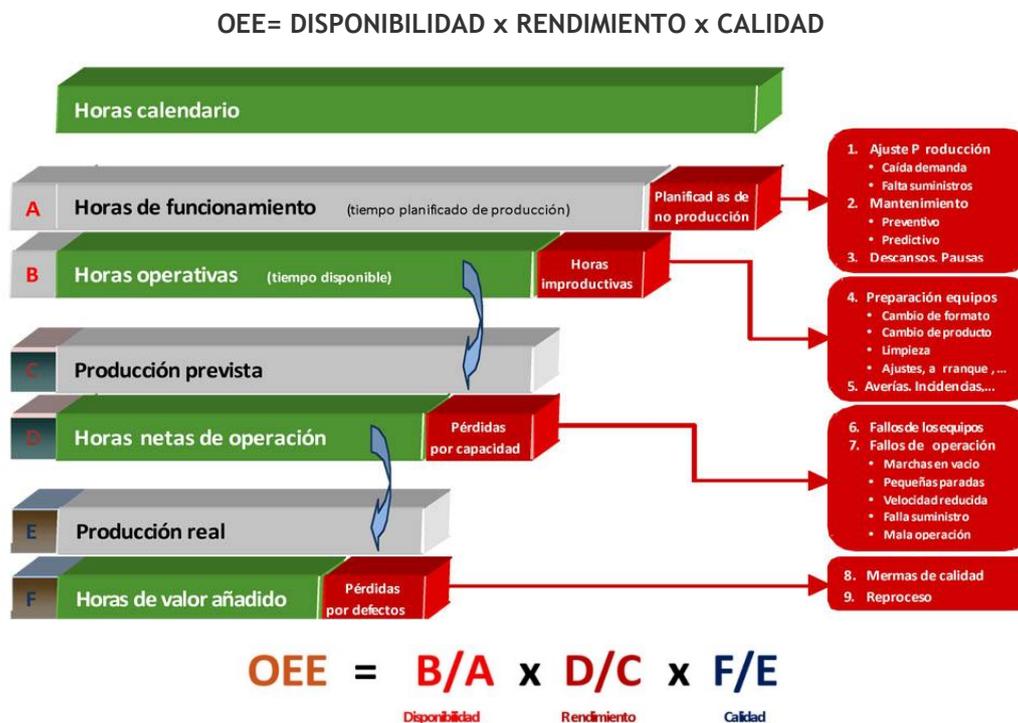


Ilustración 11: OEE

El tiempo total disponible se denomina **Horas del calendario** y se corresponde con el número total de días que la planta puede estar en funcionamiento. Para calcular el tiempo planificado

para producir (**Horas de funcionamiento**), debemos restar los días planificados para no producir de los días totales. Este dato lo calcularemos del calendario que se ha definido como parte de nuestro MES. A partir de las rutas y el *layout* de producción podemos conocer los tiempos de preparación de las máquinas y con ello calcular las **Horas de producción prevista**. Como el rendimiento de las máquinas y de los operarios no es perfecto, existen pequeñas pérdidas por capacidad, que implican que disminuya la producción prevista, obteniendo las **Horas de Producción Real**. A partir de los valores de producción conformes con los estándares, podemos conocer las pérdidas por defectos y calcular las **Horas de valor añadido** que será el tiempo en el que se ha producido un producto final que puede llegar al cliente. A continuación, se describen con mayor detalle las pérdidas existentes y sus orígenes.

Las horas improductivas (*DownTime Loss*) son el tiempo en el que la línea se encuentra inoperativa. Es la principal pérdida de la eficiencia de la línea y de OEE. Las horas improductivas pueden ser eventuales o inherentes a la rutina de trabajo. Estas últimas, suelen incluir:

- a) Preparación del producto
- b) Tiempo de limpieza
- c) Finalización del producto

Las pérdidas por capacidad (*Performance Loss*) incluyen el tiempo perdido debido a reducciones de la velocidad de producción, micro paradas, marchas en vacío, etc.

Las pérdidas por calidad (*Quality Loss*) definen las pérdidas físicas resultantes de los productos defectuosos y el tiempo perdido resultante de la rectificación para transformarlos en productos aceptables. Para evitar mayores pérdidas, es importante situar detectores de producto bueno/malo en los puntos de inspección críticos donde el producto ya no es reprocesable. Si el producto no es reprocesable, queda catalogado como “scrap”.

Cuando se notifica la necesidad de reprocesamiento, la orden de trabajo de ese determinado producto se cierra, separando las OT de “Reprocesado” de las normales, permitiendo recoger información para mejorar los trabajos y etapas de reprocesado y evaluar los costes no programados. Por otra parte, para asegurar que los indicadores KPIs reflejan el rendimiento real del proceso, los defectos han de ser computados fuera del ciclo de producción de los KPI. Un claro ejemplo de una práctica común que puede falsear los rendimientos es cuando el operario reprocesa la producción al mismo tiempo que la orden de trabajo normal está siendo ejecutada. Esto implica que el OEE será mayor que el 100% porque la producción aguas abajo de la zona de fallo es mayor y, sin embargo, en la zona de fallo no.

La OEE define 6 tipos de pérdidas:

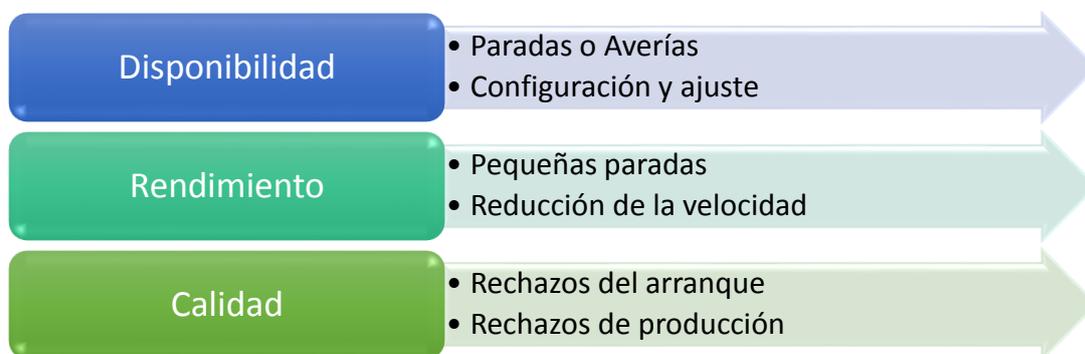


Ilustración 12: Tipos de perdidas OEE

La siguiente tabla resume y cataloga las 6 principales pérdidas que se pueden producir en un sistema que anteriormente habíamos citado.

Pérdida	Categoría	Factor OEE	Ejemplos	Comentario
<b>Paradas o averías</b>	Pérdidas de tiempo	Disponibilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fallo del equipo</li> <li>Mantenimiento no planeado</li> <li>Mantenimiento general</li> <li>Daño de herramientas</li> </ul>	Perdidas debidas a averías de los equipos (Más de 10min).
<b>Puesta en marcha y ajustes</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Puesta en marcha/cambio</li> <li>Falta Material</li> <li>Falta Operario</li> </ul>	Tiempo perdido debido a ajustes en el equipamiento (Menos de 10 min).
<b>Pequeñas paradas</b>	Perdidas de velocidad	Rendimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parada de flujo de material</li> <li>Atascos de material</li> <li>No hay alimentación de material</li> </ul>	Las pérdidas por pequeñas paradas ocurren cuando el equipo se para por un corto periodo de tiempo como resultado de un problema temporal.
<b>Reducción de la velocidad</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Ineficiencia del operador</li> <li>Capacidad por debajo de la diseñada</li> <li>Desgaste de las herramientas</li> </ul>	La reducción de la velocidad se refiere a la diferencia entre la velocidad diseñada y la velocidad real de operación.
<b>Rechazos del arranque</b>	Pérdidas de calidad	Calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Materiales no en condiciones de operación</li> <li>Restos de material de otro lote</li> </ul>	Algunos equipos requieren una fase de preparación y ciertos ajustes para obtener una producción óptima. Estas pérdidas se dan durante la fase de puesta en marcha.
<b>Rechazos de producción</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Reprocesado</li> <li>Scrap</li> </ul>	Estas pérdidas ocurren cuando los productos producidos no están conformes con las especificaciones.

Tabla 1: Las 6 Grandes pérdidas

### Disponibilidad

Incluye las pérdidas de tiempo productivo por paradas no planificadas.

$$D = \frac{\text{Tiempo Real Producido} - \text{Tiempo Paradas no Planificadas}}{\text{Tiempo Real Producido}}$$

El Tiempo Real Producido es el tiempo total que el proceso tenía disponible para producir, teniendo en cuenta festivos, paradas diarias, paradas por mantenimiento, etc. Es decir, periodos en los que no estaba planificado producir.

$$\text{Tiempo Real Producido} = \text{Tiempo total} - \text{Tiempo Paradas Planificadas}$$

La Disponibilidad toma valores entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.

### Rendimiento

Incluye las pérdidas relacionadas con la cantidad total de producción. Es un factor directamente relacionado con la velocidad, que puede disminuir por pequeñas paradas o de forma directa al menguar la velocidad de producción.

Para calcular el rendimiento es necesario conocer la cantidad total de piezas que se podrían haber producido, para ello bastará multiplicar el tiempo en producción por la capacidad de producción nominal.

$$R = \frac{\text{Total unidades producidas}}{\text{Tiempo en producción} * \text{Velocidad}_{max} \text{ producción (Ud/seg)}}$$

El Rendimiento toma valores entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.

### Calidad

Incluye las pérdidas por no alcanzar los estándares de calidad. Las pérdidas de calidad implican dos tipos de mermas, las generadas por todas las unidades mal fabricadas y la pérdida de tiempo empleado en fabricarlas.

Además, si las piezas son posteriormente reprocesadas, hay que tener en cuenta esos factores, tanto el tiempo de reprocesado como el coste asociado al rectificado, eliminación, o reciclaje de los productos.

$$Q = \frac{N^{\circ} \text{ unidades conformes en calidad}}{\text{Total unidades producidas}}$$

La Calidad toma valores entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.

### Clasificación OEE

La siguiente tabla resume los diferentes calificativos aplicados a cualquier proceso según su OEE.

Porcentaje OEE	Calificación	Resultados
OEE < 65%	Inaceptable	Pérdidas económicas, baja competitividad.
65% < OEE < 75%	Regular	Aceptable como etapa de tránsito en un proceso de mejora. También genera pérdidas económicas y baja competitividad.
75% < OEE < 85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85% < OEE < 95%	Buena	Buena competitividad. Entra en valores World Class.
OEE > 95%	Excelencia	Excelente competitividad. Valores World Class.

Tabla 2: Clasificación OEE

Como se ha indicado con anterioridad, la métrica OEE nos permite conocer la existencia o inexistencia de pérdidas, pero además nos permite conocer los cuellos de botella; abriendo el camino a la toma de decisiones sobre las necesidades de inversión. Por otra parte, una previsión de crecimiento del OEE permitiría detectar y estimar las necesidades futuras. (3)

### Cuello de botella

El cuello de botella es un fenómeno que limita el rendimiento o capacidad de un sistema por completo. Un cuello de botella en una dirección de proyecto es un proceso en una cadena de procesos, cuya limitada capacidad causa una reducción de la capacidad de toda la cadena. En ingeniería, el cuello de botella subyace en el camino crítico del sistema y proporciona la menor salida de material. Una máquina puede ser el cuello de botella de una línea, esto se debe a que su productividad cae la mayor parte del tiempo y por tanto limita la productividad de la línea. (4)

#### 2.5.3 Mean Time Between Failures (MTBF) – Tiempo Promedio entre Fallos

Se define como el tiempo promedio que un equipo, máquina, línea o planta cumple su función sin interrupción debido a una falla funcional. Se obtiene dividiendo el tiempo total de operación

entre el número de paradas por fallas. Este indicador permite detectar la necesidad de aplicar mejores prácticas de mantenimiento.

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de operación}}{\textit{N}^{\circ} \textit{ total de fallas}}$$

- No se contabilizan las paradas preventivas porque el mantenimiento preventivo no se realiza porque se produzca un fallo, sino para evitar que ocurra.
- Todo mantenimiento correctivo que surge de una recomendación de mantenimiento predictivo sí se contempla como falla.
- Se selecciona un periodo para su cálculo, pudiendo ser este periodo mensual y un acumulado del año.

MTBF es un parámetro de medición asociado a la confiabilidad, es decir a la capacidad de un componente, equipo o sistema, de no fallar durante el tiempo previsto para su funcionamiento bajo condiciones de trabajo perfectamente definidas. Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo.

El estudio de la confiabilidad se utiliza en el análisis de datos para mantenimiento. Es posible conocer el comportamiento de equipos en operación con el fin de:

- Prever y optimizar el uso de los recursos humanos y materiales necesarios para el mantenimiento.
- Diseñar y/o modificar las políticas de mantenimiento a ser utilizadas.
- Calcular instantes óptimos de sustitución económica de equipos.
- Establecer frecuencias óptimas de ejecución del mantenimiento preventivo.

#### 2.5.4 Mean Time To Repair (MTTR) – Tiempo Promedio para Reparar

Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado.

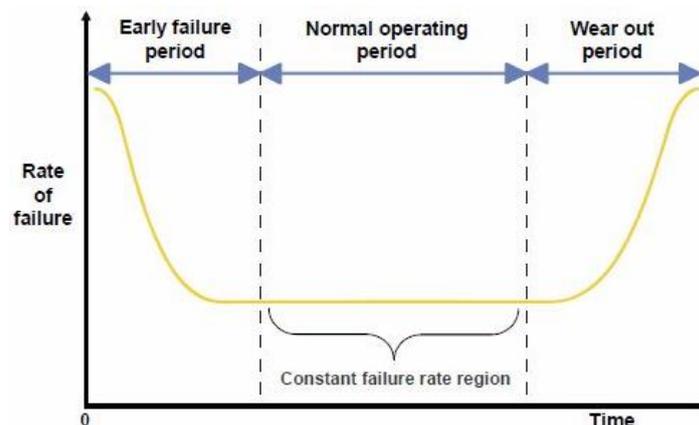


Ilustración 13: MTTR

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total empleado en restaurar la operación después de cada falla}}{\textit{N}^{\circ} \textit{ total de fallas}}$$

El MTTR es un parámetro que mide la ejecución del mantenimiento o mantenibilidad, que se define como la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos.

Se puede decir que es función del diseño del equipo, ya que depende, en gran medida de factores tales como: la accesibilidad, la modularidad, la estandarización y las facilidades de diagnóstico, que facilitan enormemente el mantenimiento. Para un diseño dado, si las reparaciones se realizan con personal cualificado y con herramientas, documentación y procedimientos prescritos, el tiempo de reparación depende de la naturaleza del fallo y de las mencionadas características de diseño.

### 2.5.5 Disponibilidad

Por último, la relación entre la confiabilidad y mantenibilidad proporciona la disponibilidad de los equipos:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Teniendo en cuenta que:

$$\text{Tiempo total programado} = MTBF + MTTR$$

## 2.6 Informes

### 2.6.1 Informe de estados

Este informe es un análisis genérico de la manufactura, ya que muestra la producción por días, semanas, meses y años; sin entrar en detalles. Cada filtro temporal recoge las horas en las que la línea ha permanecido en cada estado. Los principales estados son: producción, parada, mantenimiento, limpieza, esterilización, etc. El informe nos permite conocer datos globales del proceso, sin entrar en las tareas que forman parte de cada estado.

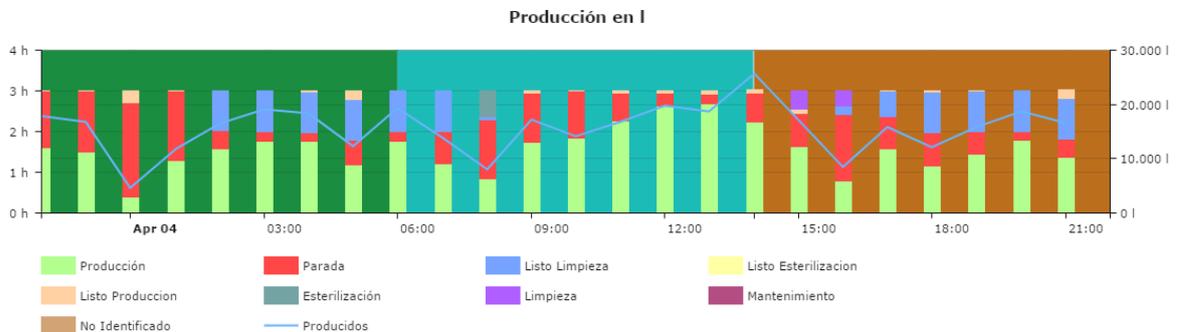


Ilustración 14: Informe de estados

Este informe nos permite detectar anomalías en el comportamiento general del proceso para posteriormente poder estudiar que factor o factores han determinado ese comportamiento y poder erradicarlo. Como cada turno presenta particularidades de especial interés, los datos temporales se han disgregado por turnos, para poder de esta manera comparar y contrastar los resultados de cada turno con el resto.

### 2.6.2 Informe de producción

Muestra la información de los estados de la línea entre dos fechas que seleccione el usuario, desglosando los detalles de las paradas. De esta forma podremos conocer cuál o cuáles son las causas que producen paro en la producción durante un mayor tiempo.



Ilustración 15: Informe de producción

Por otra parte, el informe también incluye los detalles de las cantidades producidas, permitiendo extraer una estimación *grasso modo* sobre la productividad. Se analizan las cantidades producidas con éxito y las que se han rechazado con el objetivo de disminuir las pérdidas mediante una detección de las mismas.

### 2.6.3 Gráfico en cascada de OEE

El análisis en cascada es una técnica muy utilizada durante los últimos años en los sectores de la manufactura, tecnología y financiero; que puede ser utilizada para la generación de informes de rendimiento. Los gráficos en cascada se suelen utilizar en la industria como una herramienta para visualizar como un indicador KPI cambia a lo largo de diferentes etapas. Son un tipo de visualización de datos que ayudan a comprender el efecto acumulativo de una secuencia de valores.

Cuando la técnica se aplica al OEE, el gráfico en cascada permite visualizar las diferentes pérdidas sobre el tiempo total desglosadas de forma secuencial como resta del tiempo total en horas o en tanto por ciento. De esta forma podremos analizar donde se encuentra el tiempo sin valor añadido. Después de restar todas las pérdidas, resultará el tiempo efectivo, que definirá el factor OEE. (5)

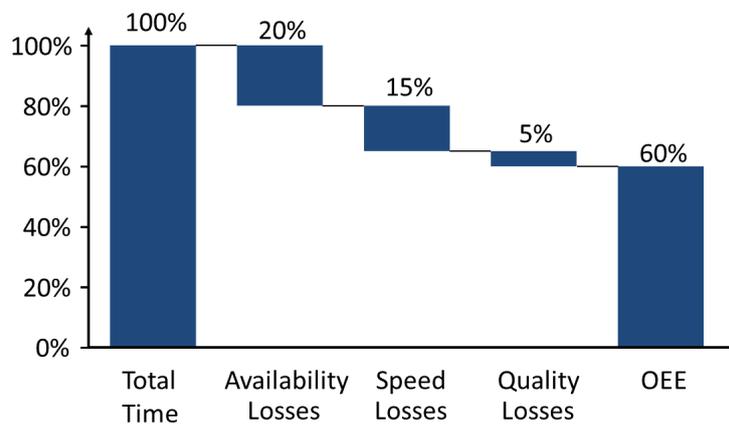


Ilustración 16: Gráfico en cascada de OEE

### 2.6.4 Top Paradas

Una vez conocido el OEE, es importante determinar cuál/es han sido las máquinas o zonas en las que ha habido más paradas y las causas de las mismas. De esta forma se podrá prestar una mayor atención a las zonas problemáticas para incrementar la eficiencia.

## 3 Descripción del proceso

### 3.1 Tecnologías existentes en planta

El siguiente apartado recoge el estado inicial de la planta. El conocimiento del punto de partida es una de las partes más importantes de la fase inicial del proyecto, ya que la solución aportada debe ajustarse a las condiciones existentes y no debe interferir sobre ellas. Por otra parte, permite acotar las alternativas, ya que revela las incompatibilidades. De esta forma, en nuestro caso particular, debemos atender a los siguientes factores: Arquitectura y redes de comunicaciones, características de los elementos de campo y softwares con los que se cuenta en producción. Estos serán nuestros “factores limitantes” ya que algo que se encuentra en buen funcionamiento, no es susceptible al cambio y mucho menos para el caso de cualquier proceso productivo.

Como en la mayor parte de las instalaciones automatizadas del sector de comida y bebida, la arquitectura de control es bastante compleja y hay numerosos PLCs de diferentes fabricantes (comúnmente uno por cada máquina). Esto se debe a que lo más habitual es que, a la hora de comprar una nueva máquina, ya venga con su propio lazo de control cerrado, del que solo se pueden modificar ciertos parámetros. Esta situación presenta varios retos a la hora de recoger todas las señales para su posterior uso. El primero es la incompatibilidad entre los diferentes fabricantes y el segundo es que muchos de esos PLCs suelen ser de modelos antiguos, por lo que es complicado acceder a ellos para poder extraer las variables.

Actualmente en planta existe la arquitectura que se describe en el apartado de “Arquitectura” de este documento (consultar apartado 6 Arquitectura).

Por otra parte, cabe destacar que a pesar de que el proceso ya lleva mucho tiempo funcionando correctamente en producción, la implantación sobre la que versa el proyecto (MES) es totalmente novedosa; ya que no existe nada similar aplicado en planta. Por ello, tanto la simulación como el conocimiento de los ingenieros del proceso serán pilares importantes para implantar el MES.

### 3.2 Línea de envasado

El proceso de envasado de productos del sector “*food and beverage*” o de comidas y bebidas sigue un esquema general que puede aplicarse a productos finales muy diferentes, por lo que, aunque el objetivo del presente proyecto sea la aplicación en una línea de envasado, bastará con hacer pequeñas modificaciones para poder aplicarlo sobre otros procesos similares. Esto significa que la herramienta debe ser lo más genérica posible, sin olvidar ajustarse a las necesidades particulares del cliente.

El proceso de envasado de leche incluye 4 etapas generales que son las siguientes:

- Llenado.
- Taponado.
- Encartonado.
- Paletizado.

#### 3.2.1 Llenado

La etapa de llenado consiste en una dosificación de la materia prima dentro del envase. Se realiza en la llenadora, una máquina lineal que cuenta con su propia cinta transportadora para el avance de los envases vacíos y un conjunto de difusores o boquillas que permiten verter la materia prima en el envase. También existen otro tipo de llenadoras de trabajo continuo en las que el

envase se conforma al mismo tiempo que se vierte el producto. Este tipo de envasadoras son comunes en los envases tipo Tetra-pack®.

Atendiendo al sistema de dosificado, las llenadoras pueden ser de dos tipos: por volumen o por caudalímetro.

Las llenadoras por sistema de dosificado volumétrico están diseñadas para ejecutar ciclos de envasado constantes, en los que los volúmenes de dosificado pueden ser ajustados al máximo para obtener gran precisión.

Las llenadoras por caudalímetros son una solución más flexible para el envasado en un amplio rango de formatos, ya que los caudalímetros permiten dosificar envases de diferentes capacidades en la misma máquina.

### 3.2.2 Taponado

La etapa de taponado o cierre permite aislar el producto final de la atmósfera acoplado una tapa o tapón sobre el envase. Actualmente existen en el mercado diversos tipos de tapones con gran variedad de tamaños y formas, sin embargo, el proceso en sí es similar para todos.

### 3.2.3 Encartonado

La etapa de encartonado permite almacenar el producto final en cajas para su mejor manejo. A partir de una preforma plana de cartón “*blank*” se forma la caja que almacenará el producto. Una vez que todas las unidades del pack estén dentro, la caja se sellará para poder continuar con el proceso.

### 3.2.4 Paletizado

La etapa de paletizado es la etapa final del proceso de envasado y a su vez es la etapa final del proceso de producción del producto. Desde esta estación, el producto pasa posteriormente al almacén esperando a ser enviado. El proceso de paletizado conforma, a partir de las cajas, palés para un almacenamiento y transporte del producto más sencillo. Para colocar las cajas sobre el palé es común el uso de brazos robotizados controlados por un PLC. Esta etapa puede ir precedida por un flejado del embalaje para mayor seguridad.

### 3.2.5 Funcionamiento general y otras consideraciones

Como hemos explicado en el apartado “1.4 Visión general del proyecto”, todas las estaciones de la línea se encuentran interconectadas y deben funcionar como un conjunto y no como elementos individuales. Por lo que se infiere la necesidad del uso de herramientas que permitan integrar todo como un conjunto.

La problemática radica en que cada una de las etapas anteriormente descritas se lleva a cabo en una estación/máquina que normalmente posee su propia lógica de control cerrada, imposibilitando el desarrollo de un sistema de control que englobe a todas las máquinas. La máxima a la que se puede aspirar es afinar el calibrado del comportamiento de la máquina. Por eso, si queremos abordar el problema debemos subir un nivel en la pirámide de la automatización y establecernos a nivel de MES.

A estas etapas descritas, debemos añadir otra más en caso de que el envase no se fabrique en el momento de llenado o venga prefabricado como las botellas de cristal. Esta etapa consiste en la inyección de plástico sobre un molde para generar el envase.

## 4 Análisis de alternativas

Para llevar a cabo la ejecución del proyecto hemos de presentar en primer lugar las diferentes alternativas existentes, para posteriormente discutir cuál se va a elegir como implementación final.

Como el objetivo principal del proyecto es implementar un sistema MES sobre la línea de envasado, tendremos que identificar qué herramientas existen actualmente en el mercado que cubran estas necesidades. De todas las posibilidades, centraremos nuestro estudio en dos: Wonderware MES y OMNE. Ambos softwares ofrecen un conjunto de funcionalidades que permiten digitalizar los elementos integrantes en el proceso y las operaciones, potenciando las decisiones de los ingenieros de proceso y operadores para gestionar la producción y el uso de los recursos en tiempo real.

No debemos olvidar que el objetivo prioritario no es la simulación del proceso, por lo que debemos pensar en las alternativas más adecuadas para dar solución al objetivo principal sin que el objetivo secundario se vea afectado de forma negativa. Debemos ser conscientes de que las decisiones que se tomen sobre el objetivo prioritario afectarán de forma directa al resto de objetivos. Para el caso de la simulación, existen múltiples alternativas de software en el mercado ya que modelizar suele ser una práctica bastante común en los proyectos de nuevas implementaciones como es el caso.

A continuación, describiremos las diferentes herramientas que se han tenido en cuenta para dar solución a los objetivos perseguidos.

### 4.1 Wonderware

Wonderware ofrece una solución completa para el entorno industrial ya que posee un amplio paquete de softwares que engloban todos los aspectos asociados a la explotación de un proceso industrial. Desde el almacenamiento de datos hasta el diseño del control de planta; pasando por el desarrollo de interfaces con el usuario e implementación de sistemas MES. Los softwares de Wonderware están enfocados a su aplicación para soluciones a gran escala, que involucren grandes procesos industriales. Describiremos en primer lugar la herramienta MES y posteriormente el resto de herramientas que pueden ser necesarias en este proyecto.

#### 4.1.1 Wonderware MES

Wonderware MES es uno de los softwares MES más completos del ámbito industrial. Incluye la gestión de todas las capacidades de un MES para dirigir la ejecución de las órdenes de trabajo, capturar todos los detalles de ejecución e información sobre los flujos de materiales. Su modelo de proceso proporciona las reglas de negocio y la información sobre las especificaciones de los productos para reforzar las órdenes de trabajo, listas de materiales, equipamiento asociado a la ejecución de un trabajo e información relevante para los operarios.

Además del módulo de operaciones, Wonderware MES incluye un módulo denominado “*performance*” que contiene todos los indicadores de rendimiento para proporcionar una visión de los equipos críticos. De esta forma consigue mejorar la capacidad de los activos productivos para reforzar e impulsar iniciativas de *lean manufacturing* o manufactura esbelta. (6)

Además del software MES, Wonderware ofrece otras herramientas para dar soluciones a cada uno de los aspectos que engloban un proceso industrial (todos ellos basados en la tecnología ArchestrA, que posteriormente describiremos). En nuestro caso, para el desarrollo del presente proyecto, centraremos nuestro análisis en 3 softwares.: Historian, Archestra IDE e InTouch.

#### 4.1.2 Archestra IDE

ArchestrA es una arquitectura de software de información y automatización diseñada para integrar y extender la vida de los sistemas heredados, aprovechando las últimas tecnologías de software y estándares abiertos. ArchestrA ha ‘industrializado’ a Microsoft .NET y otras tecnologías de Microsoft para generar herramientas software que permitan dar solución a los problemas que surgen en los entornos industriales. La tecnología ArchestrA permite ensamblar aplicaciones rápidamente por medio del uso de objetos de software, en lugar de “programarlas”. Es posible crear objetos “plantilla” para casi cualquier propósito y luego reutilizarlos para construir nuevas aplicaciones personalizándolos.

Archestra IDE (*Integrated Development Environment*) o Entorno de Desarrollo Integral, es la herramienta de diseño integrado y de desarrollo donde se configura y se despliegan todos los objetos ArchestrA. Mantiene y configura los objetos en la aplicación, así como la infraestructura que soporta la misma. A través del IDE se pueden importar objetos en la Galaxia como plantilla, configurar instancias de esos objetos y posteriormente desplegarlos en los PC. (7)

#### 4.1.3 InTouch

InTouch es el software de Wonderware diseñado para la visualización, la supervisión y el control de procesos industriales. InTouch permite crear más que simples gráficos; permite a los desarrolladores concentrarse en crear contenido de mayor calidad que ayude a dirigir las operaciones y ahorrar costes. InTouch refuerza el trabajo de los empleados, optimizando sus tareas de interacción con los sistemas de automatización. Las librerías que posee incluyen elementos diferentes para poder ofrecer información contextualizada sobre la situación del proceso productivo. De esta forma es posible detectar situaciones anormales previniendo que afecten a la producción.

InTouch se compone de tres componentes: Application Manager, WindowMaker y WindowViewer. WindowMaker es la ventana en la que se desarrolla el entorno gráfico y WindowViewer es la vista de explotación del HMI/SCADA diseñado. Todo ello dirigido desde el Application Manager. (8)

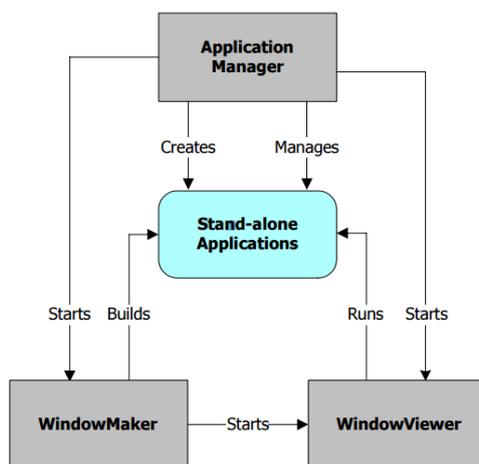


Ilustración 17: Componentes InTouch.

Fuente: (8)

#### 4.1.4 Historian

Wonderware Historian es una base de datos relacional a tiempo real para recoger los datos de planta. Historian adquiere y almacena los datos del proceso y los proporciona a tiempo real junto

con eventos, resúmenes, etc. Todo ello en una aplicación cliente de escritorio. Historian funciona para las aplicaciones clientes como un Microsoft SQL Server. El servidor de la base de datos de historian recibe las peticiones de SQL y posteriormente las procesa y devuelve los datos.

En historian los datos de planta son almacenados en tablas con una extensión especial, mejorando la funcionalidad de Microsoft Transact-SQL mediante extensiones de tiempo que permiten una mejor recuperación de series cronológicas de datos de esas tablas. La combinación de tablas de SQL Server con las tablas de extensión especial proporciona una potente herramienta para acceder a los datos almacenados en la base de datos. Como historian es una base de datos relacional, las consultas pueden registrar datos en varias tablas para recuperar datos de forma eficiente. (9)

## 4.2 OMNE

OMNE es un software propietario de INTERMARK-IT que contempla los aspectos principales para la implementación de un sistema MES. Incluye aspectos de operaciones: artículos, BOM, rutas, órdenes de trabajo, *layout* de planta, etc. Y también incluye un módulo de *reporting* en el que se muestran diferentes indicadores de rendimiento que permiten conocer a simple vista el desempeño del proceso productivo. OMNE es capaz de leer datos de planta almacenados en base de datos para procesarlos y ejecutar las órdenes que dirigirán el proceso productivo. Todo ello con un interfaz sencillo e intuitivo.

OMNE ha sido diseñado de tal forma que puede integrarse con software de Wonderware. En concreto, permite leer datos de la base de datos de Historian. Esta funcionalidad será de gran utilidad como descubriremos en posteriores capítulos.

La herramienta está especialmente diseñada para proyectos de tamaño medio en los que las especificaciones no requieran una profunda interconexión con el resto de softwares de planta.

## 4.3 Discusión

Una vez conocidas las posibilidades procederemos a la discusión sobre las ventajas y desventajas de las alternativas. En primer lugar, cabe destacar que ambas soluciones cubren los aspectos más básicos de cualquier sistema MES. Esto significa que la elección de Wonderware es la más adecuada para proyectos en los que se requieran funcionalidades más complejas o arquitecturas software “unificadas”, ya que las funcionalidades entre softwares del mismo proveedor suelen potenciarse al interactuar unos con otros.

Como ya habíamos comentado con anterioridad, Wonderware está diseñado para proyectos de gran envergadura, por lo que su implantación e implementación son más costosas que una solución particular como es el caso de OMNE. Sin embargo, el cliente ya cuenta con la arquitectura ArchestrA desplegada en producción, por lo que será más sencillo acceder a las señales de los elementos de campo a través de Historian. Contar con la arquitectura software de Wonderware acerca la decisión hacia la aplicación del MES de Wonderware. Sin embargo, como sólo se va a implantar en la línea de envasado y no en el proceso íntegro, es mucho más adecuada la solución de OMNE. Esto se debe a que como ya conocíamos, OMNE también puede leer las señales historizadas en la base de datos de Historian.

Por otra parte, como la simulación del proceso es un objetivo secundario, estará sujeto a las decisiones que se tomen sobre el objetivo principal. Esto significa que existirá una alta posibilidad de que se tuviese que realizar con software de Wonderware. A pesar de estas restricciones, como hemos podido observar en la descripción de los diferentes softwares, la

solución encaja perfectamente para las necesidades ya que nos permite desarrollar funcionalidades e interfaces complejas. Tomar esta alternativa como solución hace que exista la posibilidad de simular las señales de campo e historizarlas. Así podremos comenzar a trabajar en el diseño del MES sin tener que depender de las señales de planta reales, cumpliendo uno de los objetivos perseguidos.

## 5 Descripción de la solución

En base a los argumentos expuestos en el apartado anterior se ha optado por implementar la solución mixta de ambos softwares. La parte de la simulación de la línea de envasado se realizará con el software de Wonderware e incluirá un HMI para supervisar e interactuar con el proceso. Los fundamentos de esta decisión son los presentados en el apartado de discusión. A pesar de ser una elección condicionada, finalmente se ha podido demostrar que para las circunstancias particulares de este proyecto es la más adecuada.

En el caso del sistema MES, como ya adelantábamos, la solución que más se acerca a las necesidades del cliente es OMNE, ya que solo va a ser una implantación parcial de la línea de producción (solo la línea de envasado).

### 5.1 Simulación

Este apartado recoge los principales aspectos de la simulación del proceso de envasado que se ha realizado con el software de Wonderware: InTouch, Archestra IDE e Historian. En primer lugar, describiremos la metodología de trabajo desarrollada en Archestra IDE porque es un software bastante complejo, que hace hincapié en la filosofía orientada a objetos.

#### 5.1.1 Descripción Funcional

En este apartado se describirá el funcionamiento de la simulación y las consideraciones que se han tenido en cuenta a la hora de realizar e+I modelo.

El proceso comienza en el tanque que almacena el producto. El tanque se irá vaciando a velocidad constante, determinada por el caudal de la válvula de salida. Si el nivel del tanque se encuentra por debajo de un *SetPoint* establecido, la válvula de salida se cerrará, la bomba de salida se parará y se comenzará a llenar el tanque hasta llegar a otra consigna determinada.

El caudal de salida del tanque es transferido a la llenadora, que irá consumiendo los litros de producto a su velocidad nominal para rellenar los envases. Los artículos ya en el envase se desplazan hacia la siguiente máquina, la taponadora, a través de una cinta transportadora. La taponadora pone los tapones a los envases con una velocidad nominal establecida. Como conocemos el tamaño del envase, podemos trabajar la velocidad nominal en unidades de caudal o por envases. Posteriormente, el producto llega a la encartonadora a través de otra cinta transportadora y a continuación de igual forma a la paletizadora.

Cada una de las máquinas cuenta con un led de estado que indica si se encuentra en funcionamiento o parada, además de un *display* de producción que indica la producción en tiempo real. Se ha implementado un sistema tipo “*buffer*” en las cintas transportadoras para la acumulación controlada de envases en condiciones de paro aguas arriba. De esta forma, se ha intentado reproducir con la mayor fidelidad un sistema de envasado real.

Cada elemento básico de la línea se define como un objeto que contiene las variables, scripts y gráficos asociados; esto significa que la mayor parte del trabajo se ha de realizar en el IDE. Para crear estos objetos se utilizan plantillas. Archestra implementa las propiedades de la herencia por lo que es recomendable el uso de plantillas derivadas. En el siguiente apartado se describe qué son las plantillas y cómo utilizarlas.

#### 5.1.2 Plantillas

Las plantillas son definiciones de alto nivel de los objetos del entorno. Son muy útiles en caso de tener objetos similares que se vayan a utilizar muchas veces dentro de la aplicación. Las plantillas se distinguen por poseer el carácter “\$” como primera letra del nombre. Para distinguir entre

una plantilla del sistema y una derivada creada a partir de ella utilizaremos la notación “\_” delante del nombre. Por ejemplo, la plantilla \$UserDefined observaremos que tiene una plantilla derivada \$\_UserDefined.

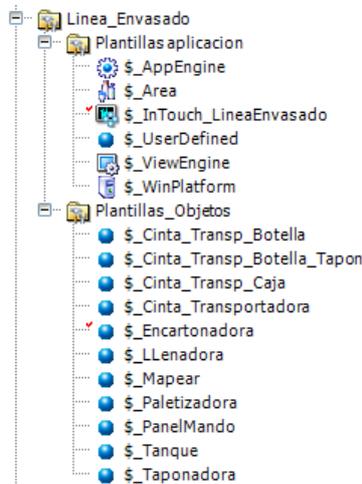


Ilustración 18: Plantillas de la aplicación

### 5.1.3 Objetos

Los objetos en Archestra IDE representan las diferentes entidades del “sistema”. De tal forma, que en nuestro caso tendremos un objeto por máquina/elemento de la línea.

- Cintas Transportadoras
- Paletizadora
- Encartonadora
- Taponadora
- Tanque de entrada
- Llenadora

Para crear los diferentes objetos se ha partido de la plantilla “UserDefined” definida por el sistema, a partir de la cual se ha hecho una plantilla derivada. Será esta plantilla derivada desde la que generaremos el resto de plantillas derivadas para definir cada máquina como un objeto. Como hemos comentado con anterioridad, establecer una jerarquía de objetos nos permite heredar propiedades; por eso es importante no utilizar directamente las plantillas del sistema, ya que modificarla supondría modificar todas las que deriven de ella. En concreto, se ha utilizado la ventaja de la herencia para la definición de las cintas transportadoras. Partiendo de una plantilla base que posee los elementos comunes a todas (como pueden ser las variables, el grafico, etc) se han creado las plantillas de cada cinta, aplicando las particularidades de cada una como por ejemplo el tipo de producto que transporta.

En el árbol jerárquico que se muestra en la figura inferior se pueden apreciar los detalles comentados en los párrafos anteriores y además muestran las instancias de cada plantilla, identificable por la ausencia del símbolo “\$”. A parte de los objetos descritos al principio del apartado, se ha definido otro denominado \$\_Mapear cuya función se define en el próximo apartado.

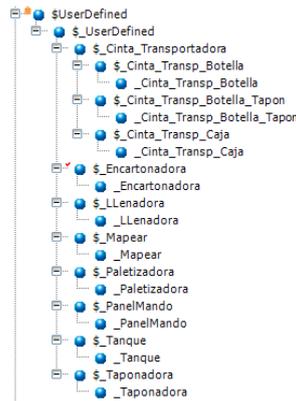
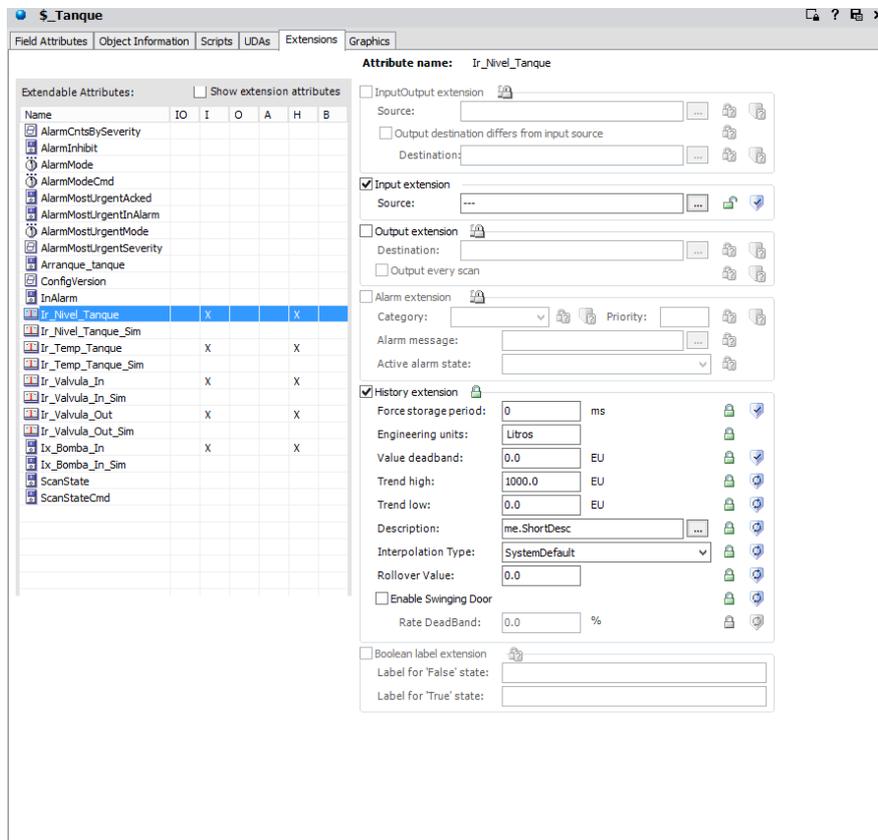


Ilustración 19: Jerarquía de objetos

Cada uno de los objetos tiene disponibles un conjunto de características básicas: Atributos, Información del objeto, Scripts, UDAs (User Defined Attributes), Extensiones y Gráficos. Los últimos 4 son los de mayor importancia y son los que debemos definir cuándo creamos cada objeto. En el apartado de scripts irán las secuencias de código que definen el funcionamiento del objeto. La pestaña de UDAs son los atributos de cada objeto, es decir, las variables que va a poseer el objeto. Los atributos disponibles en el objeto (tanto los definidos por el usuario como los definidos por defecto) se pueden configurar desde la pestaña extensiones. Desde esta pestaña podemos indicar si se trata de una entrada o salida, los rangos de la variable y las unidades. Por último, la pestaña de gráficos nos permite asociar un elemento gráfico al objeto y asociar los UDAs directamente a las variables del gráfico. Esto significa que en el entorno gráfico simplemente bastará con generar una instancia del objeto para visualizar todas las funcionalidades.



Name	IO	I	O	A	H	B
AlarmCntsBySeverity						
AlarmInhibit						
AlarmMode						
AlarmModeCmd						
AlarmMostUrgentAcked						
AlarmMostUrgentInAlarm						
AlarmMostUrgentMode						
AlarmMostUrgentSeverity						
Arranque_tanque						
ConfigVersion						
InAlarm						
<b>Ir_Nivel_Tanque</b>		X			X	
Ir_Nivel_Tanque_Sim						
Ir_Temp_Tanque		X			X	
Ir_Temp_Tanque_Sim						
Ir_Valvula_In		X			X	
Ir_Valvula_In_Sim						
Ir_Valvula_Out		X			X	
Ir_Valvula_Out_Sim						
Ix_Bomba_In		X			X	
Ix_Bomba_In_Sim						
ScanState						
ScanStateCmd						

Ilustración 20: Detalle de un objeto. Pestaña de extensiones

### 5.1.4 Migración de Simulación a Implementación Real

El proyecto de simulación se ha desarrollado teniendo en cuenta la futura interacción con los elementos de campo. Esto significa que la simulación estará prácticamente habilitada para su uso con los sensores/actuadores cuando a través de un script de ‘mapeo’ se carguen los TAGs sustituyendo los de la simulación. Como se puede ver en la figura inferior, cada señal posee 2 atributos, uno de simulación (representado por `_Sim`) y otro que albergaría el TAG real, configurado en el campo “Source”.

Los scripts para el cambio de TAGs de simulación a los TAG reales se encuentran en un objeto derivado de la plantilla “UserDefined” que se ha denominado `$_Mapear`. Este objeto tiene varios scripts que se ejecutan con la activación de una marca interna generada específicamente para cada uno, la función de estos scripts es: Asignar los TAG reales, asignar los TAG de simulación o desasociar los TAG actuales. En la figura inferior podemos observar un ejemplo de cómo se realiza el mapeo de simulación, asignando al campo `InputSource` el nombre del TAG.

```

1 Me.Simmapear = false;
2 LogMessage(Me.Temporizador);
3 ----- TANQUE -----
4 Tanque.Ir_Nivel_Tanque.InputSource = "_Tanque.Ir_Nivel_Tanque_Sim";
5 Tanque.Ix_Bomba_In.InputSource = "_Tanque.Ix_Bomba_In_Sim";
6 Tanque.Ir_Valvula_In.InputSource = "_Tanque.Ir_Valvula_In_Sim";
7 Tanque.Ir_Valvula_Out.InputSource = "_Tanque.Ir_Valvula_Out_Sim";
8 Tanque.Ir_Temp_Tanque.InputSource = "_Tanque.Ir_Temp_Tanque_Sim";
9

```

Ilustración 21: Detalle del script de mapeo simulación

Para eliminar la asignación tanto de los TAGs reales como de los de simulación, bastará con activar la marca de Desmapear.

```

1 Me.Desmapear = false;
2 ----- TANQUE -----
3 Tanque.Ir_Nivel_Tanque.InputSource = "---";
4 Tanque.Ix_Bomba_In.InputSource = "---";
5 Tanque.Ir_Valvula_In.InputSource = "---";
6 Tanque.Ir_Valvula_Out.InputSource = "---";
7 Tanque.Ir_Temp_Tanque.InputSource = "---";
8

```

Ilustración 22: Detalle del script de desmapeo

### 5.1.5 Diseño del entorno gráfico en InTouch

Para el diseño del entorno gráfico, desde Archestra IDE podemos crear una librería propia de símbolos. Todos los símbolos creados por el usuario pueden formar parte de nuevos símbolos, de esta manera podemos incluir de forma rápida elementos que se repitan con frecuencia.

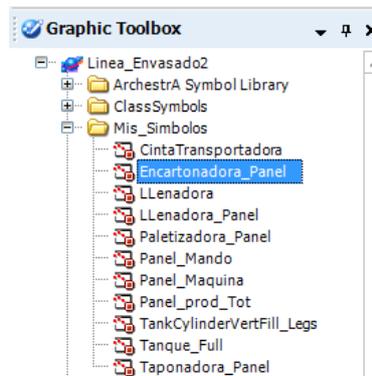


Ilustración 23: Librería de símbolos creados

Archestra permite asociar a cada objeto definido por el usuario un símbolo, de tal forma que la asociación entre las variables del objeto y el símbolo gráfico se configuran en Orchestra IDE antes de añadirlo en InTouch. Por lo tanto, es importante definir todas las variables para evitar confusiones a la hora de realizar la asignación y evitar tener que modificar de nuevo el objeto gráfico en el simbol editor por una variable faltante.

Una vez definidos todos los objetos con sus gráficos correspondientes, podremos comenzar a diseñar el HMI en InTouch. Como la mayor parte del trabajo se ha realizado previamente en Orchestra IDE, para diseñar el entorno gráfico, bastará con colocar instancias de los objetos pre-configurados. Los elementos sencillos como botones o luces se podrán configurar y asociar a la variable correspondiente en el propio WindowMaker.

La siguiente figura presenta una captura del diseño final del HMI. Como se puede observar, InTouch permite importar imágenes para poder incorporarlas en el entorno gráfico. De esta forma se han podido insertar imágenes de todas las máquinas, para que el interfaz sea más llamativo e intuitivo. Además, para dar sensación de movimiento real de producción, los elementos de las cintas transportadoras se mueven a la velocidad de avance de cada cinta. Por último, cabe destacar que se ha decidido incorporar un gráfico que muestra a tiempo real el nivel del tanque y un contador que mide la producción diaria en palés.

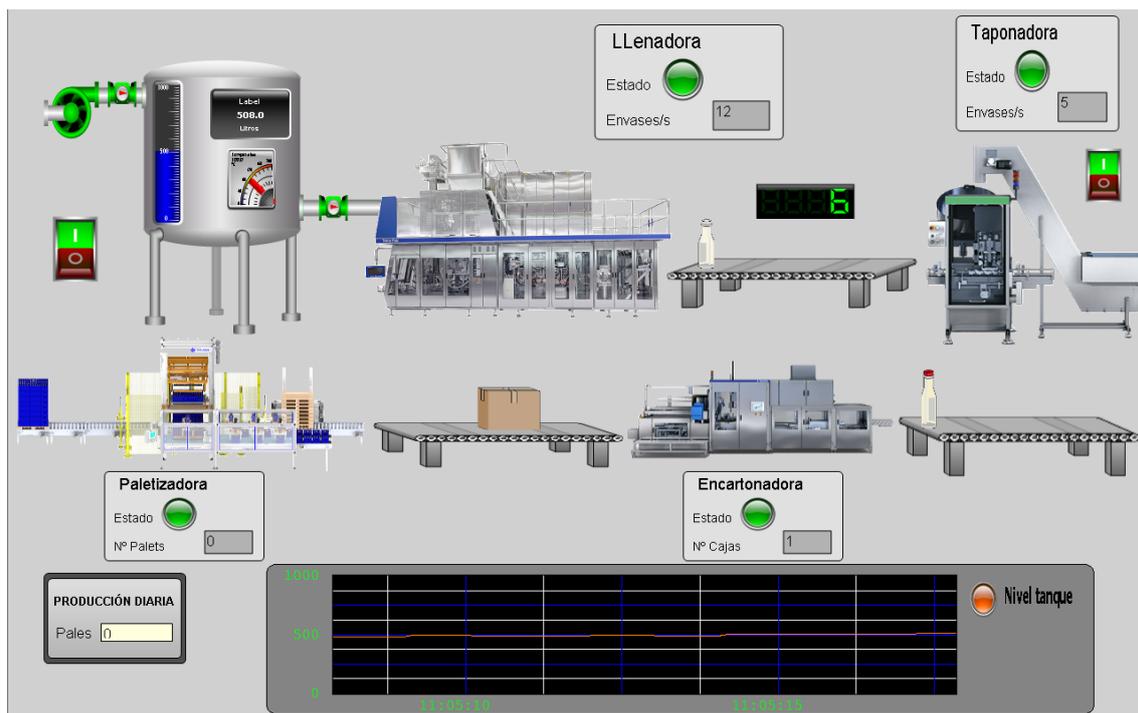


Ilustración 24: HMI diseñado en InTouch

## 5.2 Sistema MES

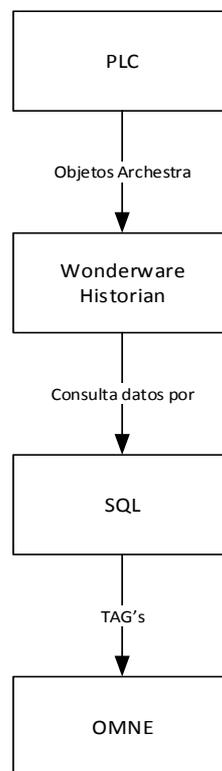
A continuación, se mostrará la solución final tomada, aplicada sobre la herramienta OMNE. Las definiciones de los elementos han sido alteradas y las marcas eliminadas para la presentación del presente proyecto por contener datos protegidos y susceptibles al espionaje industrial.

Es importante entender que antes de comenzar a diseñar la herramienta MES, existe una fase inicial en la que se deben sentar las bases de la misma. Esta fase inicial se puede denominar como

la fase de toma de decisiones e incluye un análisis en profundidad de la línea de producción. Para ello es imprescindible contar con el conocimiento de los ingenieros del proceso. Un claro ejemplo de la metodología de trabajo puede ser el siguiente.

La arquitectura industrial desplegada en planta incluye miles de señales procedentes de diferentes sensores situados a lo largo del proceso que ser recogen en varios PLCs. Sin embargo, no todas las señales que se utilizan para el control serán necesarias para la implantación del MES. Será, por lo tanto, nuestra tarea identificar las señales que definen la fabricación de los artículos para posteriormente darlas de alta en la herramienta. Esto significa que también se deben agrupar todas esas señales (que pueden pertenecer a diferentes PLCs y/o diferentes lazos de control) para que estén disponibles.

Una vez que se conocen las señales que son necesarias para la implantación del MES, se deben habilitar para su consulta por parte de la herramienta. Este proceso se describe en el flujograma de la figura inferior.



*Ilustración 25: Flujograma secuencia de las señales*

Las señales de los elementos de campo, almacenadas en los PLCs mediante los TAGs, deben darse de alta como objetos de Archestra a los que se les asociará el TAG. De esta forma las señales pueden ser almacenadas en la base de datos de Wonderware Historian. Por último, para que los valores estén disponibles en OMNE y puedan utilizarse en la herramienta, se debe hacer una consulta mediante SQL indicando el TAG de la señal.

El caso de las rutas y órdenes de trabajo es diferente al resto de los apartados del MES ya que las recetas de fabricación de los productos terminados ya están creadas. Por lo tanto, para dar de alta estos apartados, debemos interpretar correctamente la información y registrar todos los detalles y parámetros en la herramienta. Dar de alta todas las rutas y, sobre todo, todas las órdenes de trabajo puede ser una tarea muy tediosa, por lo que será un objetivo futuro poder importar toda esta información de los ERP.

Cabe destacar que, durante el desarrollo del proyecto, ha surgido una nueva tarea de alta prioridad. La herramienta OMNE ha de ser migrada a un nuevo framework, que permitirá interconectarla con otras aplicaciones propietarias de la empresa. Esta tarea está siendo realizada por un equipo de programadores del que formo parte; por lo que mi labor también incluirá el diseño y desarrollo de la aplicación. Las principales tareas de este trabajo incluyen la toma de decisiones sobre el diseño de la base de datos, desarrollo de los modelos, controladores e implementación de las vistas sobre el nuevo framework MVC (modelo, vista, controlador). Por esta razón, parte de la solución se mostrará con el nuevo interfaz y las partes que aún no se encuentran migradas y que en estos momentos está aún siendo desarrolladas; se mostrarán con el interfaz antiguo. En el apartado de planificación del proyecto, la tarea de la migración irá incluida en la definición de cada uno de los elementos del MES, ya que antes de poder definirlos y darlos de alta en la aplicación, se han de generar las pantallas, modelos de datos, etc.



Ilustración 26: Interfaz original OMNE

La imagen inferior muestra el nuevo menú de la aplicación, con un interfaz más llamativo e intuitivo para su uso por parte del operario.

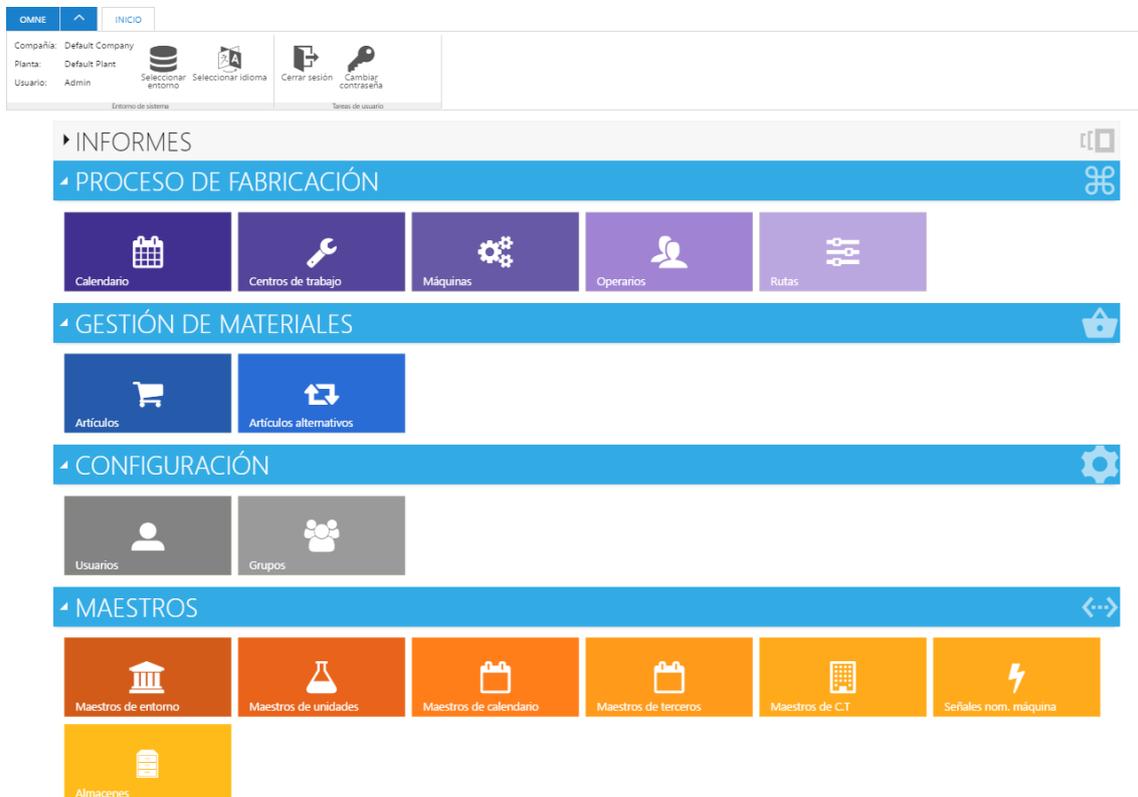


Ilustración 27: Menú principal del nuevo interfaz de OMNE

En los siguientes apartados veremos los diferentes aspectos del MES desarrollados para el envasado de leche entera, incluyendo capturas de pantalla de la aplicación. Por petición del cliente se ha incluido una etapa previa a la secuencia de envasado del producto. Esta etapa simplemente consiste en la mezcla de los componentes de la leche para conformar el producto final. Por esta razón, en las diferentes pantallas veremos registros que preceden al envasado del producto y que se realizarán previamente en otro centro de trabajo.

### 5.2.1 Artículos

En primer lugar, definiremos todos los artículos necesarios para conformar el producto final, que en nuestro caso será la leche entera empaquetada. Como comentamos en el párrafo anterior, la lista de artículos también contiene los artículos necesarios para la obtención de la leche entera. De esta forma los artículos necesarios serán:

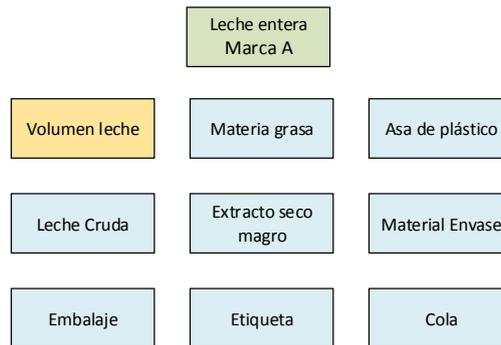
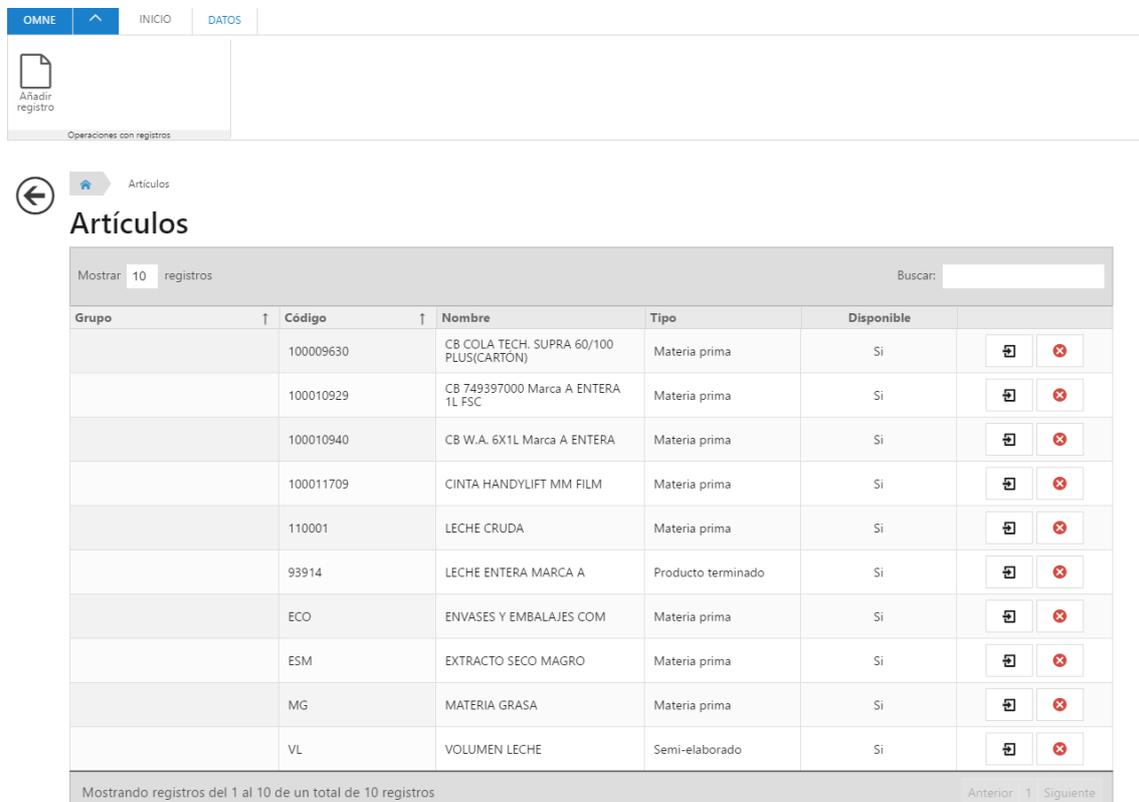


Ilustración 28: Artículos

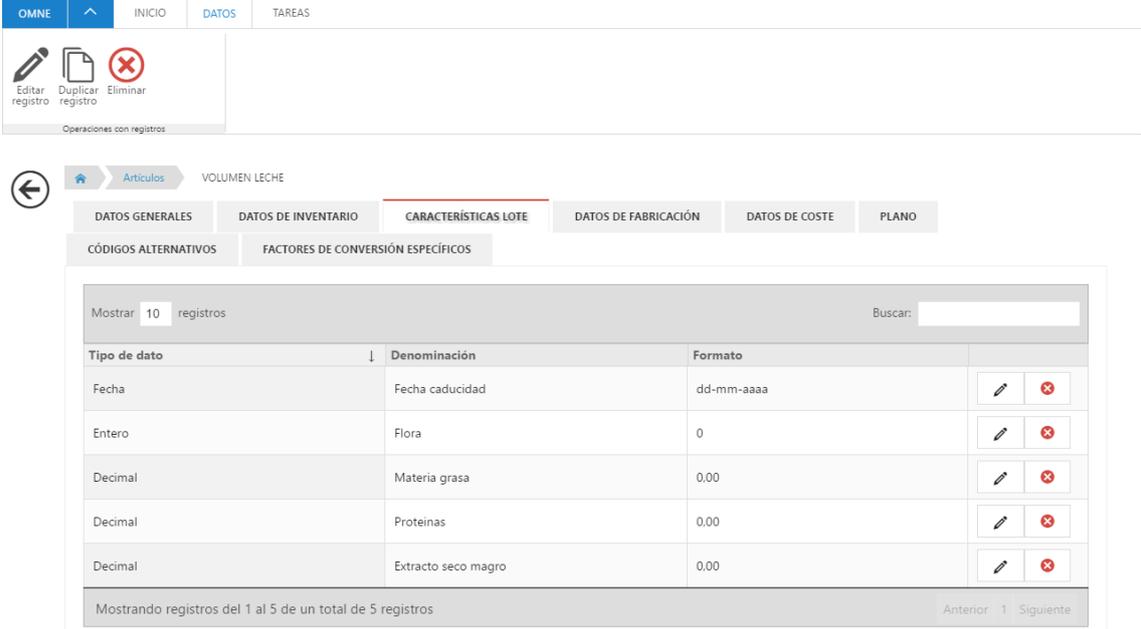
Una vez que conocemos todos los artículos, podemos darlos de alta en OMNE.



Grupo	Código	Nombre	Tipo	Disponible	Acciones
	100009630	CB COLA TECH. SUPRA 60/100 PLUS(CARTON)	Materia prima	Si	[Editar] [Eliminar]
	100010929	CB 749397000 Marca A ENTERA 1L FSC	Materia prima	Si	[Editar] [Eliminar]
	100010940	CB W.A. 6X1L Marca A ENTERA	Materia prima	Si	[Editar] [Eliminar]
	100011709	CINTA HANDYLIFT MM FILM	Materia prima	Si	[Editar] [Eliminar]
	110001	LECHE CRUDA	Materia prima	Si	[Editar] [Eliminar]
	93914	LECHE ENTERA MARCA A	Producto terminado	Si	[Editar] [Eliminar]
	ECO	ENVASES Y EMBALAJES COM	Materia prima	Si	[Editar] [Eliminar]
	ESM	EXTRACTO SECO MAGRO	Materia prima	Si	[Editar] [Eliminar]
	MG	MATERIA GRASA	Materia prima	Si	[Editar] [Eliminar]
	VL	VOLUMEN LECHE	Semi-elaborado	Si	[Editar] [Eliminar]

Ilustración 29: Captura del listado de artículos

Si un artículo se produce por lotes, seleccionaremos el checkbox de lotes y se nos habilitará una pestaña para registrar las características del lote. En nuestro caso, tenemos un artículo que se fabrica por lotes que es el volumen de leche; por lo que definiremos las características que definen y diferencian a cada lote.



The screenshot shows a software interface with a top navigation bar containing 'OMNE', 'INICIO', 'DATOS', and 'TAREAS'. Below this is a toolbar with icons for 'Editar registro', 'Duplicar registro', and 'Eliminar registro'. The main content area is titled 'Artículos' and 'VOLUMEN LECHE'. It features several tabs: 'DATOS GENERALES', 'DATOS DE INVENTARIO', 'CARACTERÍSTICAS LOTE' (which is selected), 'DATOS DE FABRICACIÓN', 'DATOS DE COSTE', and 'PLANO'. Underneath, there are sub-tabs for 'CÓDIGOS ALTERNATIVOS' and 'FACTORES DE CONVERSIÓN ESPECÍFICOS'. The main table displays 5 records with columns for 'Tipo de dato', 'Denominación', and 'Formato'. Each record has edit and delete icons.

Tipo de dato	Denominación	Formato	
Fecha	Fecha caducidad	dd-mm-aaaa	[edit] [delete]
Entero	Flora	0	[edit] [delete]
Decimal	Materia grasa	0.00	[edit] [delete]
Decimal	Proteinas	0.00	[edit] [delete]
Decimal	Extracto seco magro	0.00	[edit] [delete]

Mostrando registros del 1 al 5 de un total de 5 registros. Anterior 1 Siguiente

Ilustración 30: Detalle de las características de lote

### 5.2.2 BOM

Una vez definidos los artículos, el siguiente paso será establecer las relaciones que existen entre ellos para formar el producto terminado. La lista de materiales para nuestro producto se muestra en el siguiente esquema.

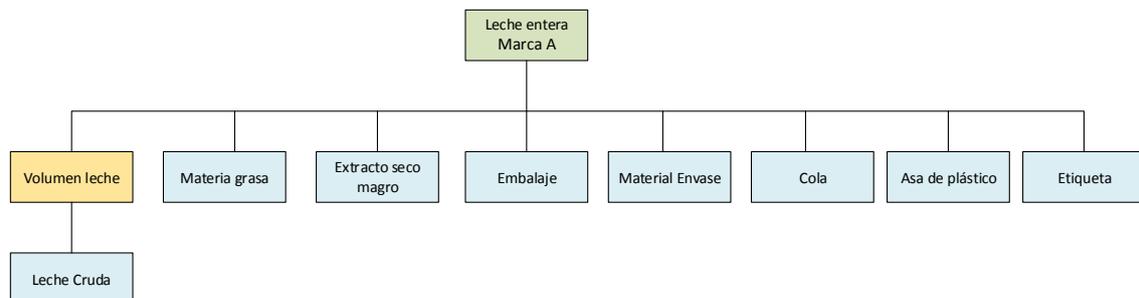


Ilustración 31: BOM

A la hora de definir la BOM en la aplicación, debemos añadir todos los artículos que conforman cada producto, incluyendo las cantidades relativas de cada artículo. De esta forma, independientemente del tamaño de la producción, las cantidades serán conocidas.

OMNE INICIO DATOS TAREAS

Operaciones con registros

Artículos LECHE ENTERA MARCA A

DATOS GENERALES DATOS DE INVENTARIO DATOS DE FABRICACIÓN DATOS DE COSTE PLANO CÓDIGOS ALTERNATIVOS

FACTORES DE CONVERSIÓN ESPECÍFICOS LISTA DE MATERIALES

Mostrar 10 registros Buscar:

Posición	Secuencia	Componente	Cantidad neta	Factor merma	
10	10	ENVASES Y EMBALAJES COM	5.00	0.00	
20	10	VOLUMEN LECHE	1.00	0.00	
30	10	MATERIA GRASA	1.00	0.00	
40	10	EXTRACTO SECO MAGRO	1.00	0.00	
50	10	CB 749397000 Marca A ENTERA 1L FSC	1020.00	0.00	
60	10	CB W.A. 6X1L Marca A ENTERA	1235.00	0.00	
70	10	CB COLA TECH. SUPRA 60/100 PLUS(CARTÓN)	5.60	0.00	
80	10	CINTA HANDYLIFT MM FILM	912.00	0.00	

Mostrando registros del 1 al 8 de un total de 8 registros Anterior 1 Siguiente

Ilustración 32: Captura del listado de BOM

### 5.2.3 Operarios

Los diferentes operarios que intervienen en el proceso han de darse de alta en su centro de trabajo correspondiente. Como veremos más adelante, al igual que las máquinas, los operarios se pueden dar de alta en el propio centro de trabajo.

OMNE INICIO DATOS

Operaciones con registros

Operarios

Operarios

Mostrar 10 registros Buscar:

Código	Nombre	Centro de trabajo	Tarifa	Capacidad diaria (h)	Capacidad semanal (h)	Disponible	
OP01	Operario 1	Zona UHT		8.00	40.00	Si	
OP02	Operario 2	Zona UHT		8.00	40.00	Si	
OP03	Operario 3	Zona UHT		8.00	40.00	Si	

Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros Anterior 1 Siguiente

Ilustración 33: Captura del listado de operarios

### 5.2.4 Calendarios

Los calendarios contienen dos tipos de información. Por un lado, tenemos la naturaleza del día (laborable, no laborable, festivo, etc) y por otro lado se encuentran los turnos de cada día. El calendario es uno de los pilares del sistema MES, ya que define las horas de funcionamiento de las máquinas y por tanto nos permite conocer su rendimiento.

OMNE
INICIO
DATOS

Editar registro
Eliminar

Operaciones con registros

←
Calendarios
3 Turnos

**DETALLE DEL CALENDARIO**

Código: 21      Compañía: Default Company  
Nombre: 3 Turnos      Disponible: Si

Ant Sig Hoy      **Junio 2017**      Mes Semana Día

lun.	mar.	mié.	jue.	vie.	sáb.	dom.
29	30	31	1	2	3	4
6 Turno 1						
14 Turno 2						
22 Turno 3						
5	6	7	8	9	10	11
6 Turno 1						
14 Turno 2						
22 Turno 3						
12	13	14	15	16	17	18
6 Turno 1						
14 Turno 2						
22 Turno 3						
19	20	21	22	23	24	25
6 Turno 1						
14 Turno 2						
22 Turno 3						
26	27	28	29	30	1	2
6 Turno 1						
14 Turno 2						
22 Turno 3						

**Código de colores**

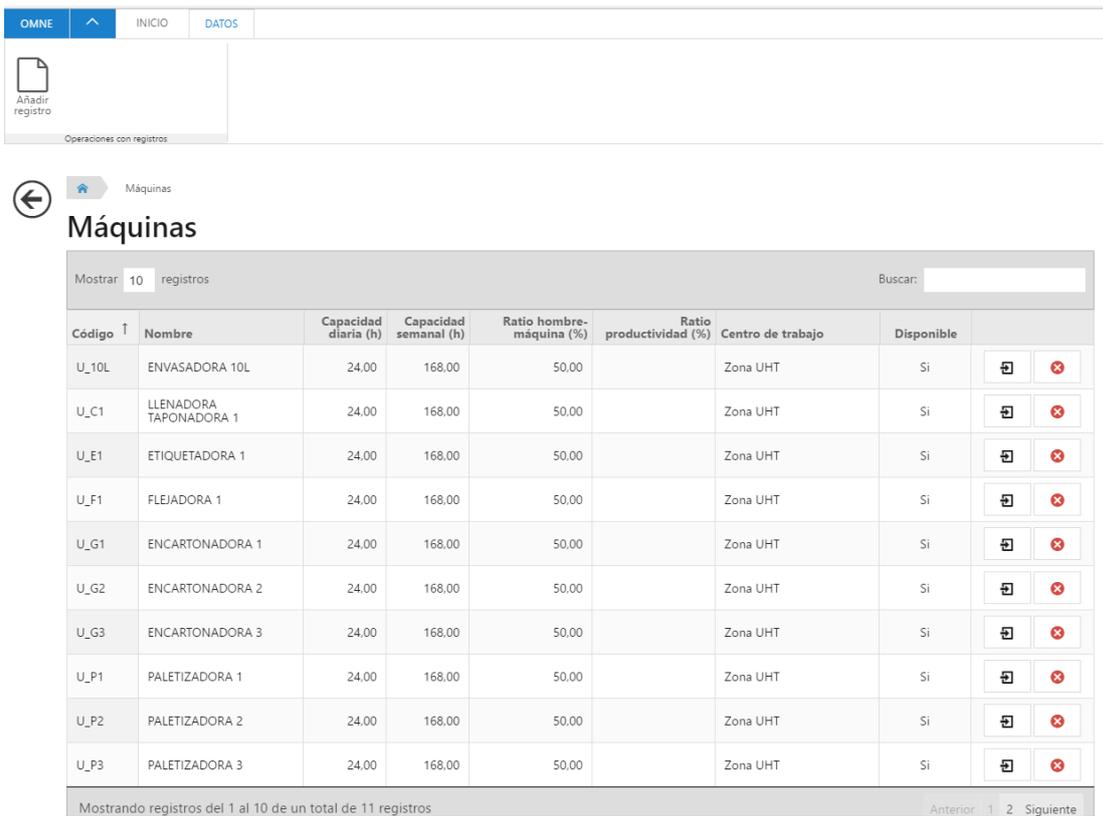
- Laborable
- No laboral
- Fiesta Nacional
- Fiesta Local
- Compensatorio

Ilustración 34: Captura del calendario

### 5.2.5 Máquinas

Para comenzar a definir el *layout* de la planta debemos registrar las máquinas. Antes de comenzar a dar de alta los elementos, debemos tener en cuenta que cada máquina lleva asociada su centro de trabajo por lo que es necesario predefinir todos los centros de trabajo de la planta antes de comenzar a crear las máquinas. Una buena planificación inicial nos ahorrará tiempo evitando tener que cambiar de pantallas. Como veremos más adelante, otra forma de definir las máquinas es crearlas desde su centro de trabajo.

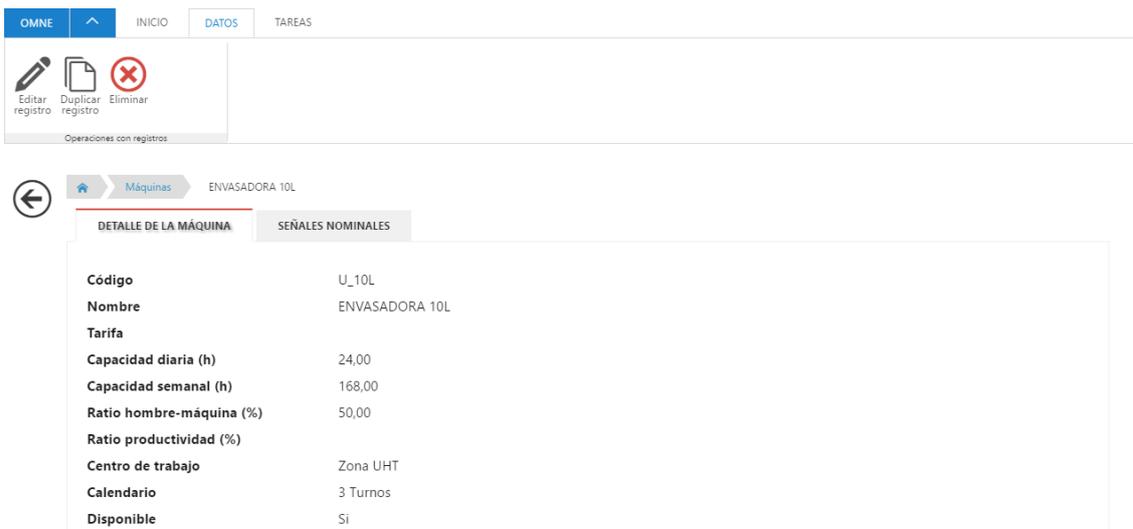
Es muy frecuente que las líneas de producción se dupliquen, por lo que muchas de las máquinas serán las mismas. Independientemente de que la máquina sea el mismo modelo, cada máquina deberá llevar un identificador único que será el código (este criterio se aplica para todos los elementos que demos de alta en la aplicación). Para crear una máquina del mismo modelo a otra ya dada de alta, entraremos en los detalles de la primera para añadir la segunda como un duplicado. Esta funcionalidad de OMNE nos ahorrará mucho tiempo en caso de tener entradas repetitivas como es el caso.



Código ↑	Nombre	Capacidad diaria (h)	Capacidad semanal (h)	Ratio hombre-máquina (%)	Ratio productividad (%)	Centro de trabajo	Disponible		
U_10L	ENVASADORA 10L	24,00	168,00	50,00		Zona UHT	Si		
U_C1	LLENADORA TAPONADORA 1	24,00	168,00	50,00		Zona UHT	Si		
U_E1	ETIQUETADORA 1	24,00	168,00	50,00		Zona UHT	Si		
U_F1	FLEJADORA 1	24,00	168,00	50,00		Zona UHT	Si		
U_G1	ENCARTONADORA 1	24,00	168,00	50,00		Zona UHT	Si		
U_G2	ENCARTONADORA 2	24,00	168,00	50,00		Zona UHT	Si		
U_G3	ENCARTONADORA 3	24,00	168,00	50,00		Zona UHT	Si		
U_P1	PALETIZADORA 1	24,00	168,00	50,00		Zona UHT	Si		
U_P2	PALETIZADORA 2	24,00	168,00	50,00		Zona UHT	Si		
U_P3	PALETIZADORA 3	24,00	168,00	50,00		Zona UHT	Si		

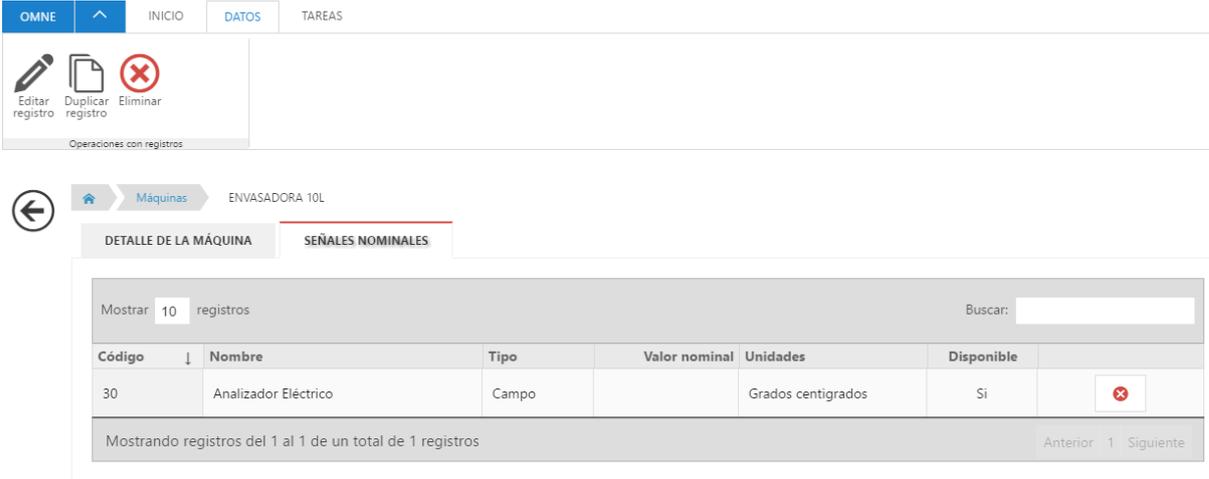
Ilustración 35: Captura del listado de máquinas

Cada máquina tiene unos parámetros comunes con el resto como son las horas de productividad diarias. Sin embargo, los datos importantes de cada máquina se encuentran en las lecturas de los sensores de las mismas. Estas señales se deben definir en la pestaña de señales nominales. Cada máquina posee infinidad de señales, por lo que ha sido necesario hacer un estudio detallado sobre qué señales son las necesarias para la implantación del sistema MES. Las decisiones se han apoyado en el conocimiento del proceso productivo por parte de los ingenieros de proceso y en la simulación descrita en anteriores capítulos.



DETALLE DE LA MÁQUINA	
<b>Código</b>	U_10L
<b>Nombre</b>	ENVASADORA 10L
<b>Tarifa</b>	
<b>Capacidad diaria (h)</b>	24,00
<b>Capacidad semanal (h)</b>	168,00
<b>Ratio hombre-máquina (%)</b>	50,00
<b>Ratio productividad (%)</b>	
<b>Centro de trabajo</b>	Zona UHT
<b>Calendario</b>	3 Turnos
<b>Disponible</b>	Si

Ilustración 36: Captura del detalle de máquina

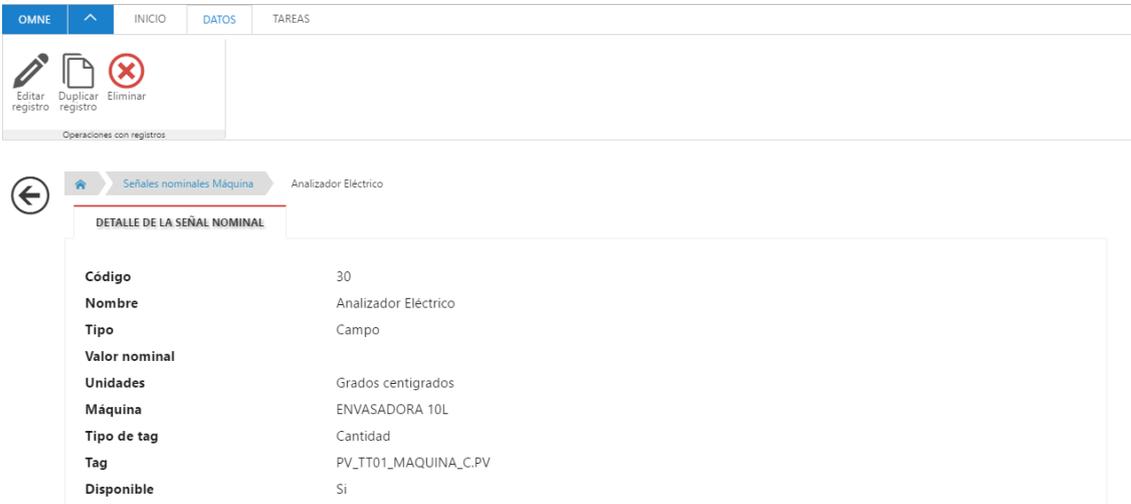


The screenshot shows the OMNE application interface. At the top, there are navigation tabs: OMNE, INICIO, DATOS, and TAREAS. Below the navigation is a toolbar with icons for 'Editar registro', 'Duplicar registro', and 'Eliminar registro'. The main content area shows a breadcrumb trail: 'Máquinas' > 'ENVASADORA 10L'. Below this, there are two tabs: 'DETALLE DE LA MÁQUINA' and 'SEÑALES NOMINALES'. The 'SEÑALES NOMINALES' tab is active, displaying a table with the following data:

Código	Nombre	Tipo	Valor nominal	Unidades	Disponible
30	Analizador Eléctrico	Campo		Grados centígrados	Si

Below the table, it indicates 'Mostrando registros del 1 al 1 de un total de 1 registros' and navigation links for 'Anterior' and 'Siguiete'.

Ilustración 37: Captura del listado de señales nominales de máquina



The screenshot shows the OMNE application interface. At the top, there are navigation tabs: OMNE, INICIO, DATOS, and TAREAS. Below the navigation is a toolbar with icons for 'Editar registro', 'Duplicar registro', and 'Eliminar registro'. The main content area shows a breadcrumb trail: 'Señales nominales Máquina' > 'Analizador Eléctrico'. Below this, there is a tab 'DETALLE DE LA SEÑAL NOMINAL' which is active, displaying the following details:

<b>Código</b>	30
<b>Nombre</b>	Analizador Eléctrico
<b>Tipo</b>	Campo
<b>Valor nominal</b>	
<b>Unidades</b>	Grados centígrados
<b>Máquina</b>	ENVASADORA 10L
<b>Tipo de tag</b>	Cantidad
<b>Tag</b>	PV_TT01_MAQUINA_C.PV
<b>Disponible</b>	Si

Ilustración 38: Captura del detalle de la señal nominal

Un detalle para tener en cuenta es, que a menudo, no todas las señales de campo son recogidas por el PLC. Esto significa que hay variables del proceso que los operarios controlan visualmente y registran de forma manual. En OMNE se han tenido en cuenta estos casos y a la hora de registrar una señal, se debe elegir si es manual o de campo. Si es manual, el operario será el encargado de registrar el histórico de la variable y si es de campo se deberá rellenar el TAG asociado a la misma. Este TAG será posteriormente consultado en base de datos mediante una petición, para generar los informes.

La tabla inferior recoge las señales de las máquinas que se han registrado por el momento. El trabajo de registro de señales aún no se ha finalizado, por lo que la tabla no es definitiva. No obstante, esta tabla puede servir para que lector se haga una idea del proceso de elección de las señales de planta incluidas en el MES.

Cod	Máquina	Nombre Señal	Valor Nom.	Un.	TAG
10	LLENADORA TAPONADORA 1	Caudal entrada	NULL	L/min	U_C1_FT01-A_CAUDAL_ENTRADA.PV
20	LLENADORA TAPONADORA 1	Temperatura entrada	NULL	°C	U_C1_TT01_TEMP_ENTRADA.PV
30	LLENADORA TAPONADORA 1	Caudal dosificado	NULL	L/min	U_C1_FT01-B_CAUDAL_SALIDA.PV
40	LLENADORA TAPONADORA 1	Velocidad motor rollo envase	NULL	m/s	U_C1_SZ01_VEL_MOTOR_EN VASE.PV
50	LLENADORA TAPONADORA 1	Presión corte	NULL	Pa	U_C1_PT01_PRESION_CORTE.PV
60	LLENADORA TAPONADORA 1	Velocidad taponado	NULL	ud/s	U_C1_ST01_TAPONADO.PV
10	ETIQUETADORA 1	Cantidad pegamento	NULL	g	U_E1_QT02-A_CANT_PEGAMENTO.PV
20	ETIQUETADORA 1	Número etiquetas	NULL	ud	U_E1_NT_NUM_ETIQUETAS.PV
30	ETIQUETADORA 1	Temperatura pegamento	NULL	°C	U_E1_TT02_TEMP_PEGAMEN TO.PV
40	ETIQUETADORA 1	Densidad pegamento	NULL	Kg/m3	U_E1_DT02_DENSIDAD_PEGA MENTO.PV
50	ETIQUETADORA 1	Envases Entrada	NULL	un	U_E1_QT02-B_ENVASES_ENTRADA.PV
60	ETIQUETADORA 1	Envases Salida	NULL	un	U_E1_QT02-C_ENVASES_SALIDA.PV
10	FLEJADORA 1	Temperatura sellado	NULL	°C	U_F1_TT03_TEMP_SELLADO.PV
20	FLEJADORA 2	Número tiras	NULL	ud	U_F1_QT03_NUM_TIRAS.PV
10	ENCARTONADORA	Cantidad pegamento	NULL	g	U_G1_QT04-A_CANT_PEGAMENTO.PV
20	ENCARTONADORA	Temperatura pegamento	NULL	°C	U_G1_TT04_TEMP_PEGAMEN TO.PV
30	ENCARTONADORA	Peso pack	NULL	Kg	U_G1_WT04_PESO_PACK.PV
40	ENCARTONADORA	Nº Cartones	NULL	ud	U_G1_QT04-B_NUM_CARTONES.PV
10	PALETIZADORA	Velocidad giro palet	NULL	m/s	U_P1_SZ05_VEL_GIRO_PALET .PV
20	PALETIZADORA	Número cajas	NULL	ud	U_P1_QT05_NUM_CAJAS.PV
30	PALETIZADORA	Peso palet	NULL	Kg	U_P1_WT05_PESO_PALET.PV
40	PALETIZADORA	Altura palet	NULL	m	U_P1_ZT05_ALTURA_PALET.PV

Tabla 3: Señales máquinas

### 5.2.6 Centros de trabajo

Centrándonos solo en las etapas del envasado, el proceso se produce en un único centro de trabajo. Todas las máquinas y operarios asociados al centro de trabajo aparecerán en los detalles del mismo. El conjunto de centros de trabajo conforma el *layout* de planta, de tal forma que podremos definir un centro de trabajo padre que sea la fábrica y posteriormente dar de alta cada centro de trabajo como hijos.

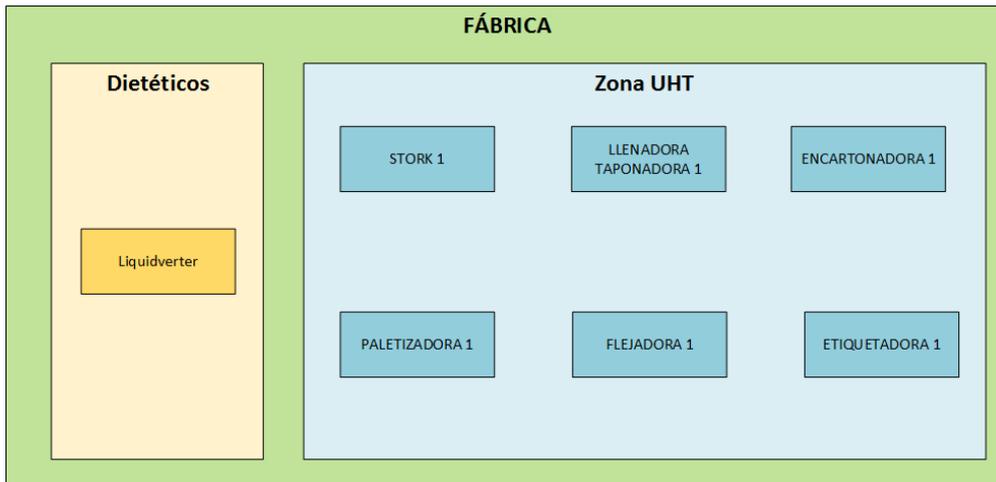


Ilustración 39: Layout de planta

OMNE INICIO DATOS

Añadir registro

Operaciones con registros

Centros de trabajo

### Centros de trabajo

Mostrar 10 registros

Código	Nombre	Capacidad crítica	Tipo	Subcontratista	Centro de trabajo padre	Disponible	
A00	Fabrica	Hombre	Principal			Si	
D01	Dieteticos	Hombre	Principal		Fabrica	Si	
UHT01	Zona UHT	Máquina	Principal		Fabrica	Si	

Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros

Anterior 1 Siguiente

Ilustración 40: Captura del listado de centros de trabajo

OMNE INICIO DATOS TAREAS

Editar registro Duplicar registro Eliminar registro

Operaciones con registros

Centros de trabajo Zona UHT

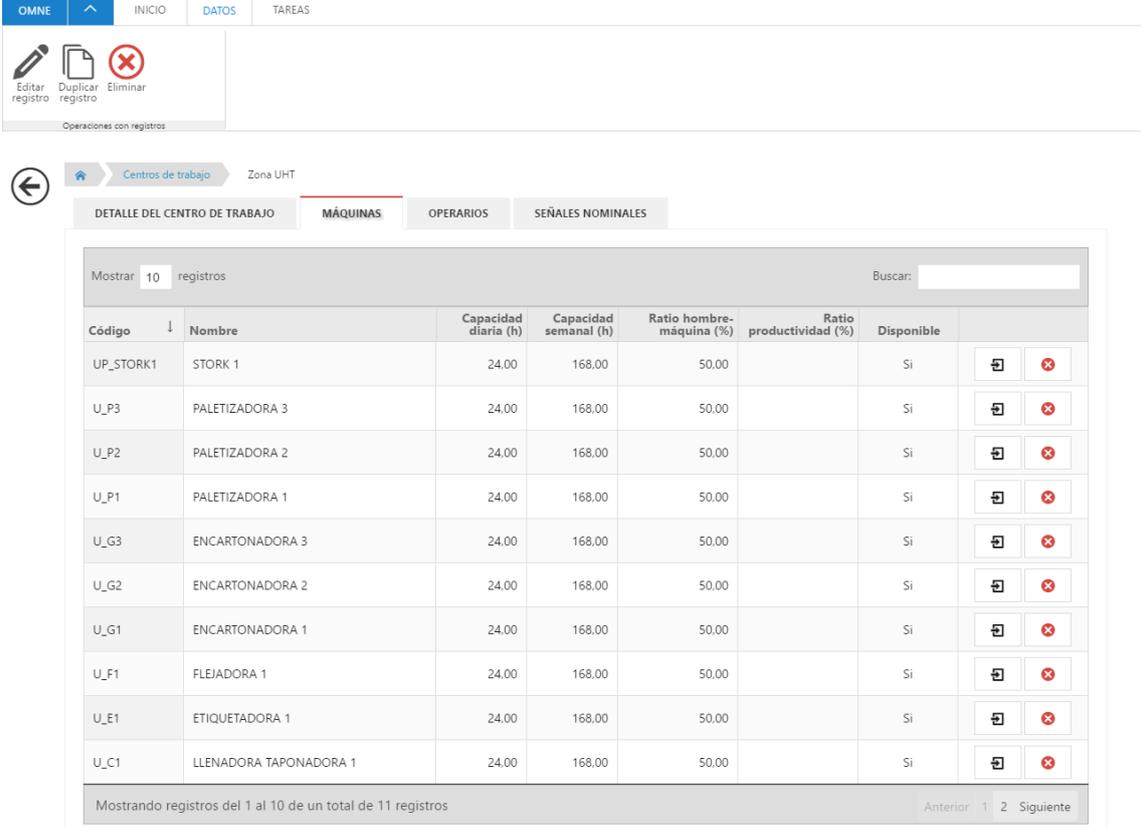
DETALLE DEL CENTRO DE TRABAJO		MÁQUINAS	OPERARIOS	SEÑALES NOMINALES	
<b>Código</b>	UHT01			<b>Nombre</b>	Zona UHT
<b>Capacidad crítica</b>	Máquina			<b>Tipo</b>	Principal
<b>Subcontratista</b>				<b>Centro de trabajo padre</b>	Fabrica
<b>Tarifa</b>				<b>Turnos</b>	3
<b>Número de recursos</b>	4			<b>Tiempo de espera</b>	
<b>Calendario</b>	3 Turnos			<b>Almacén WIP</b>	Almacen General
<b>Autoconsumo tiempos</b>	No			<b>Disponible</b>	Si
<b>Planta</b>	Default Plant			<b>Compañía</b>	Default Company

Ilustración 41: Captura del detalle del centro de trabajo

Como hemos comentado en anteriores subapartados, desde un centro de trabajo podremos crear sus operarios y máquinas. Dar de alta los operarios y máquinas desde el propio centro de

trabajo puede evitar confusiones a la hora de introducir el centro. Al igual que en el caso de las máquinas, los centros de trabajo también pueden tener señales asociadas a variables de interés.

Como podemos observar en la figura inferior, el listado de máquinas definido anteriormente aparecerá en la pestaña “MÁQUINAS” del centro de trabajo.



Código	Nombre	Capacidad diaria (h)	Capacidad semanal (h)	Ratio hombre-máquina (%)	Ratio productividad (%)	Disponible	
UP_STORK1	STORK 1	24,00	168,00	50,00		Si	[Icono] [X]
U_P3	PALETIZADORA 3	24,00	168,00	50,00		Si	[Icono] [X]
U_P2	PALETIZADORA 2	24,00	168,00	50,00		Si	[Icono] [X]
U_P1	PALETIZADORA 1	24,00	168,00	50,00		Si	[Icono] [X]
U_G3	ENCARTONADORA 3	24,00	168,00	50,00		Si	[Icono] [X]
U_G2	ENCARTONADORA 2	24,00	168,00	50,00		Si	[Icono] [X]
U_G1	ENCARTONADORA 1	24,00	168,00	50,00		Si	[Icono] [X]
U_F1	FLEJADORA 1	24,00	168,00	50,00		Si	[Icono] [X]
U_E1	ETIQUETADORA 1	24,00	168,00	50,00		Si	[Icono] [X]
U_C1	LLENADORA TAPONADORA 1	24,00	168,00	50,00		Si	[Icono] [X]

Ilustración 42: Captura del listado de máquinas del centro de trabajo

### 5.2.7 Rutas

Una vez que hemos definido el *layout* de planta, podremos crear la ruta que seguirá el producto a través de las diferentes máquinas para su manufactura. La ruta que definiremos para la producción de la leche será la ruta estándar de producción del artículo. El siguiente esquema representa la ruta del producto terminado.

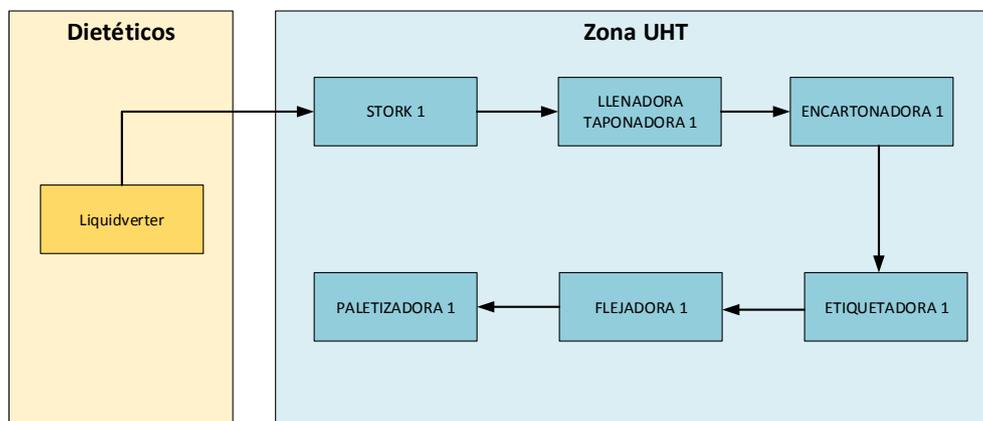
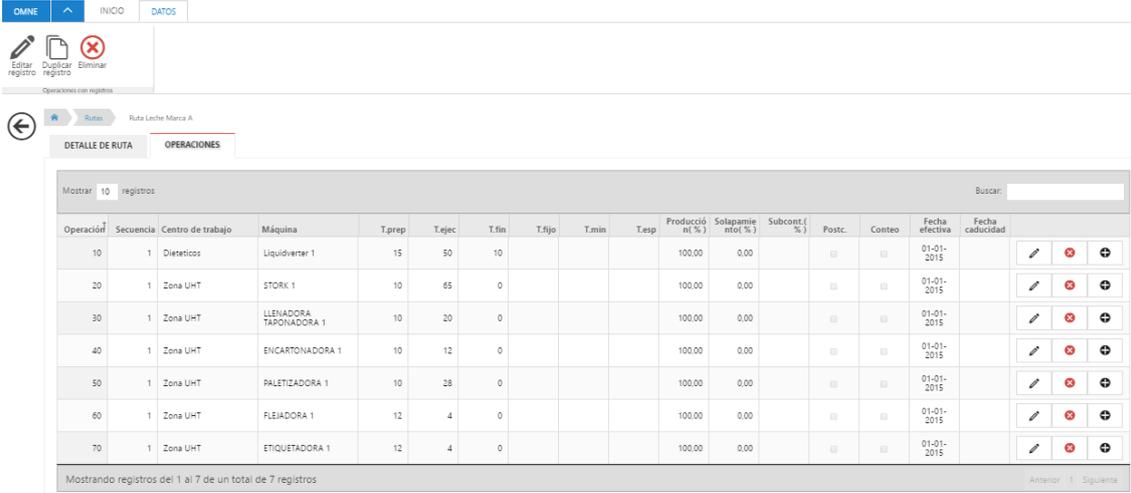


Ilustración 43: Esquema de la ruta

A continuación, daremos de alta el esquema en la aplicación, agregando los tiempos de cada operación y las consignas de la ruta en cada máquina y en el centro de trabajo si las hubiese.



Operaciones con registros

Ruta Leche Marca A

DETALLE DE RUTA OPERACIONES

Mostrar 10 registros

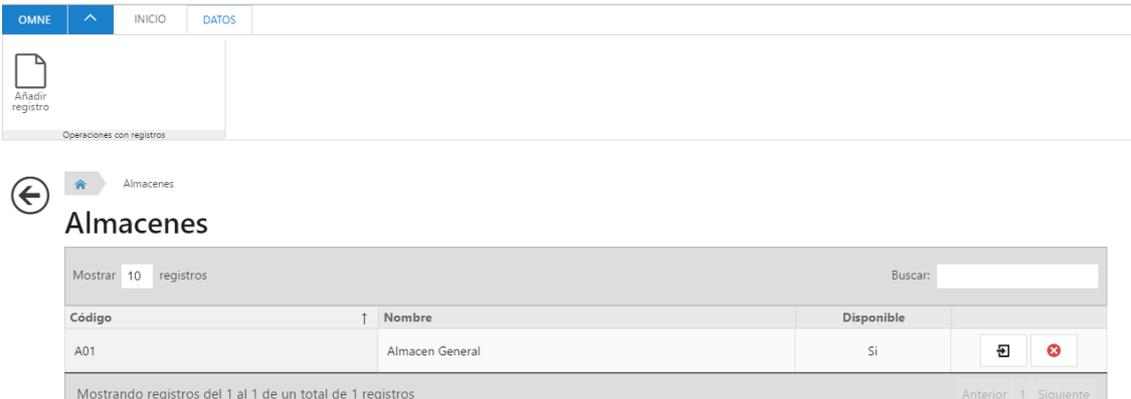
Operación	Secuencia	Centro de trabajo	Máquina	T.prep	T.ejec	T.fin	T.fijo	T.min	T.esp	Producción (%)	Solapamiento (%)	Subcont. (%)	Postc.	Conteo	Fecha efectiva	Fecha caducidad	
10	1	Dietéticos	Liquidivier 1	15	50	10				100.00	0.00				01-01-2015		
20	1	Zona UHT	STORK 1	10	65	0				100.00	0.00				01-01-2015		
30	1	Zona UHT	LLENADORA TAPONADORA 1	10	20	0				100.00	0.00				01-01-2015		
40	1	Zona UHT	ENCARTONADORA 1	10	12	0				100.00	0.00				01-01-2015		
50	1	Zona UHT	PALETIZADORA 1	10	28	0				100.00	0.00				01-01-2015		
60	1	Zona UHT	FILEADORA 1	12	4	0				100.00	0.00				01-01-2015		
70	1	Zona UHT	ETIQUETADORA 1	12	4	0				100.00	0.00				01-01-2015		

Mostrando registros del 1 al 7 de un total de 7 registros

Ilustración 44: Captura de la ruta

## 5.2.8 Almacenes

La gestión de los almacenes nos permite saber dónde encontrar cada artículo.



Operaciones con registros

Almacenes

Almacenes

Mostrar 10 registros

Código	Nombre	Disponible	
A01	Almacen General	Si	

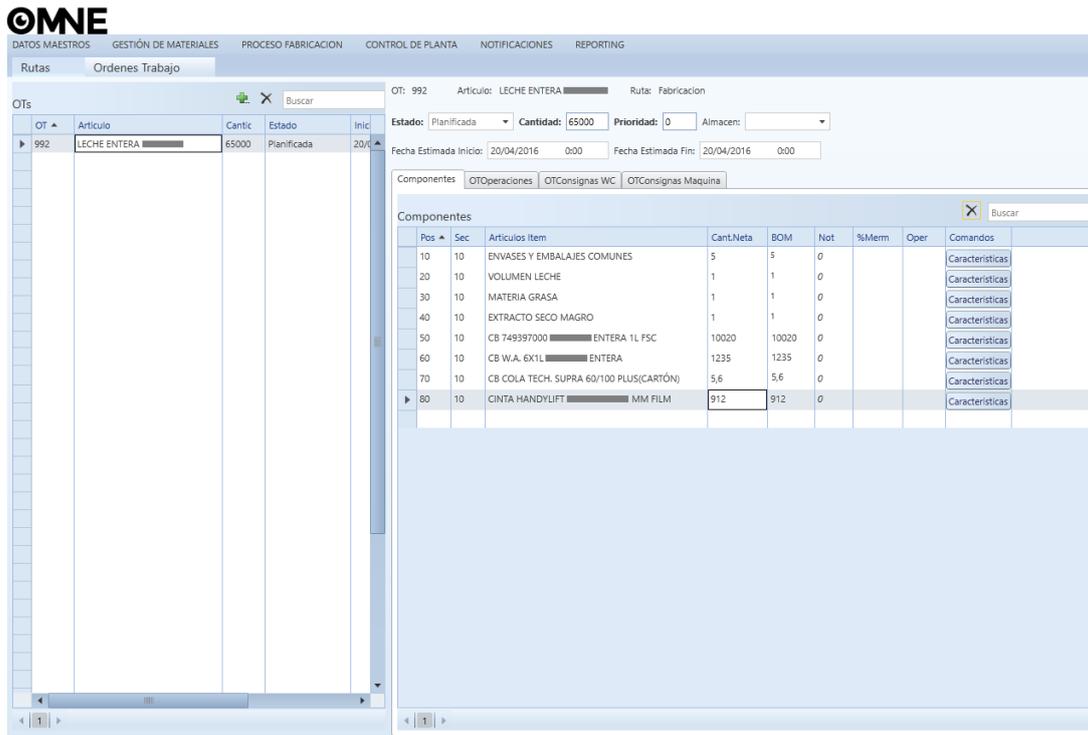
Mostrando registros del 1 al 1 de un total de 1 registros

Ilustración 45: Captura del listado de almacenes

## 5.2.9 Ordenes de trabajo

Una vez que hemos definido las listas de materiales de cada artículo y la ruta, podremos definir una orden para la fabricación del artículo; es lo que se denomina orden de trabajo. Una orden de trabajo contiene los detalles específicos sobre el uso de las máquinas y artículos para la fabricación el producto. Una orden de trabajo realiza una copia de la BOM y la ruta vigentes en el momento de producción del artículo para su fabricación. Esto implica que incluye los valores específicos de cada uno de los elementos.

Por una parte, debemos configurar las cantidades de los artículos que se utilizarán para la fabricación del producto. Por defecto, como hemos comentado en párrafo anterior, se tomarán los valores definidos en la BOM vigente.



OT: 992 Artículo: LECHE ENTERA Ruta: Fabricacion

Estado: Planificada Cantidad: 65000 Prioridad: 0 Almacen: [ ]

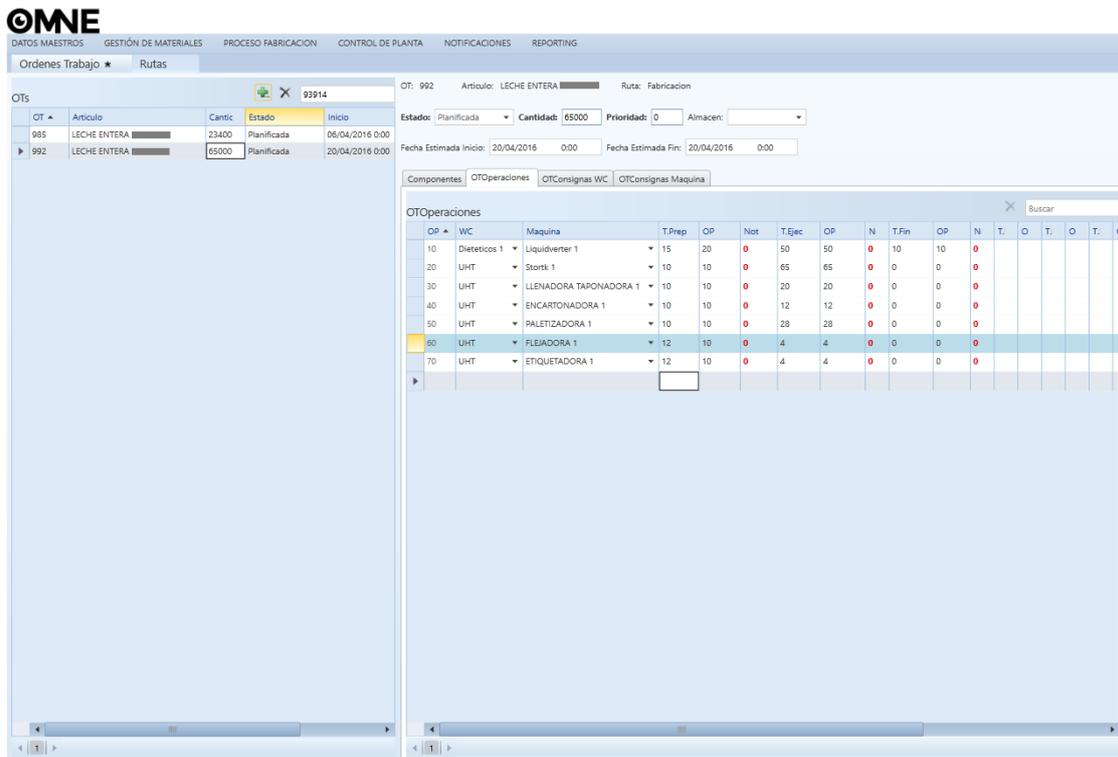
Fecha Estimada Inicio: 20/04/2016 0:00 Fecha Estimada Fin: 20/04/2016 0:00

Componentes: OTOperaciones OTConsignas WC OTConsignas Maquina

Pos	Sec	Artículos Item	Cant.Neta	BOM	Not	%Mem	Oper	Comandos
10	10	ENVASES Y EMBALAJES COMUNES	5	5	0			Características
20	10	VOLUMEN LECHE	1	1	0			Características
30	10	MATERIA GRASA	1	1	0			Características
40	10	EXTRACTO SECO MAGRO	1	1	0			Características
50	10	CB 749397000 ENTERA 1L FSC	10020	10020	0			Características
60	10	CB W.A. 6X1L ENTERA	1235	1235	0			Características
70	10	CB COLA TECH. SUPRA 60/100 PLUS(CARTÓN)	5,6	5,6	0			Características
80	10	CINTA HANDYLIFT MM FILM	912	912	0			Características

Ilustración 46: Captura de órdenes de trabajo. Detalle BOM

Por otra parte, las órdenes de trabajo incluyen la ruta de fabricación del artículo. Esto significa que conocemos las máquinas que van a ser utilizadas para su producción. Por tanto, para generar la orden de trabajo, debemos completar la secuencia de operaciones que se van a realizar en las diferentes máquinas, agregando los tiempos de operación. Al igual que en el caso anterior, por defecto se tomará la ruta vigente a la fecha.



OT: 992 Artículo: LECHE ENTERA Ruta: Fabricacion

Estado: Planificada Cantidad: 65000 Prioridad: 0 Almacen: [ ]

Fecha Estimada Inicio: 20/04/2016 0:00 Fecha Estimada Fin: 20/04/2016 0:00

Componentes: OTOperaciones OTConsignas WC OTConsignas Maquina

OP	WC	Maquina	T.Preop	OP	Not	T.Ejec	OP	N	T.Fin	OP	N	T	O	T	O	T	C
10	Dieteticos 1	Liquidverter 1	15	20	0	50	50	0	10	0	0						
20	UHT	Stort: 1	10	10	0	65	65	0	0	0	0						
30	UHT	LLENADORA TAPONADORA 1	10	10	0	20	20	0	0	0	0						
40	UHT	ENCARTONADORA 1	10	10	0	12	12	0	0	0	0						
50	UHT	PALETIZADORA 1	10	10	0	28	28	0	0	0	0						
60	UHT	FLEJADORA 1	12	10	0	4	4	0	0	0	0						
70	UHT	ETIQUETADORA 1	12	10	0	4	4	0	0	0	0						

Ilustración 47: Captura de órdenes de trabajo. Detalle Ruta

### 5.2.10 Informes

El siguiente apartado muestra los resultados de los informes descritos en anteriores capítulos. En ocasiones los informes incluyen tablas con grandes cantidades de datos. Por ello, la presencia de gráficos potencia la capacidad de procesamiento de los datos en una visualización sencilla.

#### Informe de estados

El informe de estados contabiliza el total de horas que la producción ha permanecido en cada estado. En este informe el usuario puede elegir si quiere visualizar los valores para una línea en concreto o la suma de las tres líneas. En las capturas que se describen a continuación, los resultados visualizados corresponden al sumatorio de las 3 líneas. Por ello, por cada hora real, tendremos valores triplicados en horas de producción.

La producción diaria se agrupa en 3 turnos. Si analizamos la tendencia diaria por promedio, se observa que el turno de noche suele ser el de menor producción. Por otra parte, se aprecia como el turno de día es el más estable en cuanto a caídas de producción. También se aprecian las caídas de producción con el cambio de turno. Todos estos aspectos son susceptibles de estudio para poder incrementar la eficiencia del proceso.

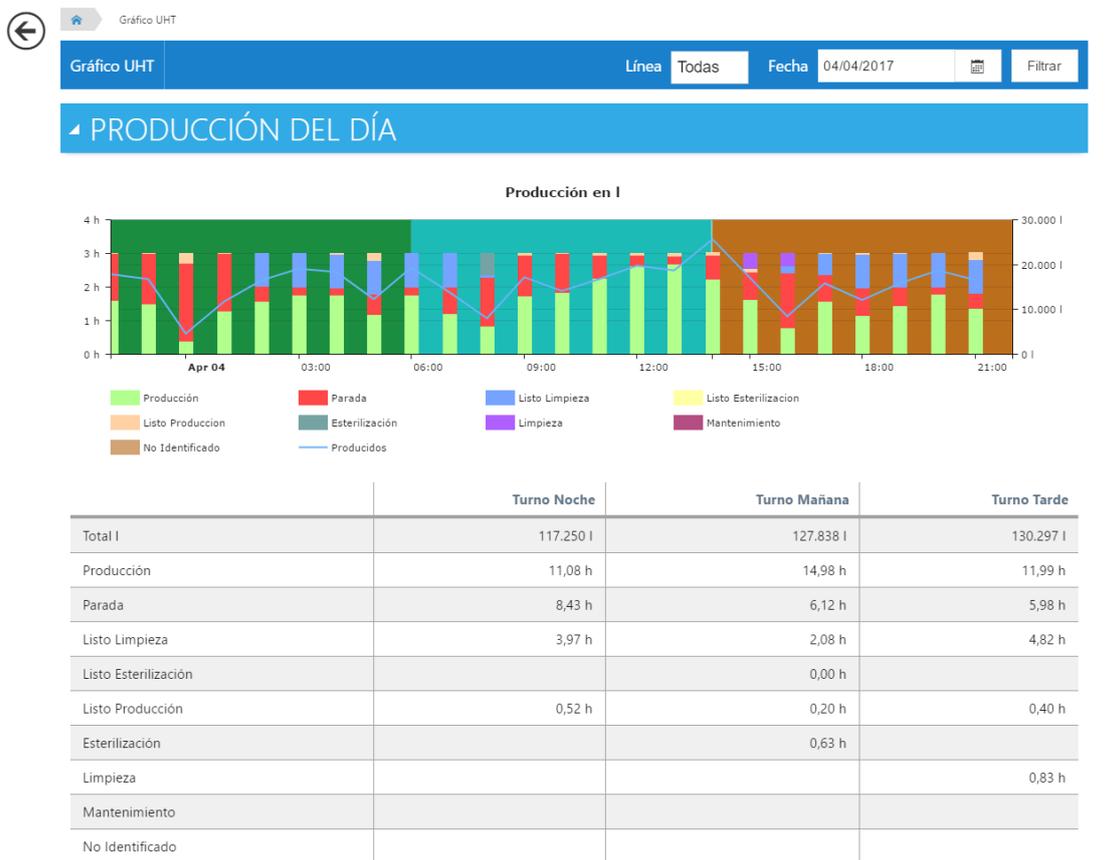
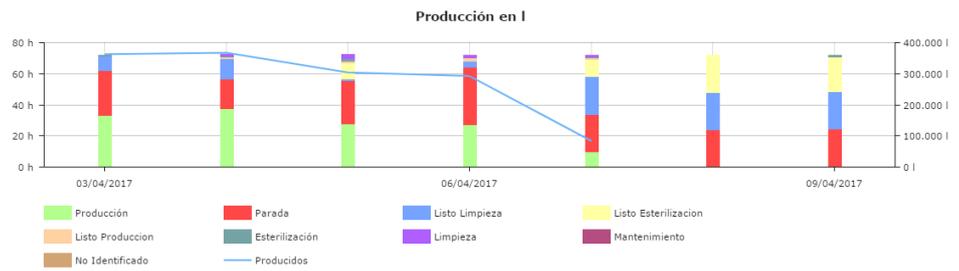


Ilustración 48: Captura informe estados (1)

Si nos fijamos en el patrón semanal, podemos apreciar que los viernes la producción disminuye significativamente. Para analizar las posibles causas bastará con ver la producción diaria de varios viernes para llegar a la conclusión de que el último turno de producción de la semana termina el viernes aproximadamente a las 6 p.m., de ahí que el total de producción sea menor. También podemos observar que los fines de semana no hay producción y se realizan las tareas de limpieza y esterilización.

PRODUCCIÓN DE LA SEMANA



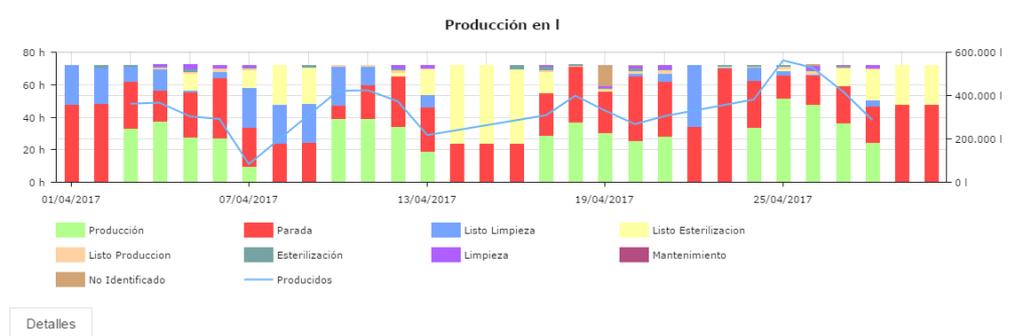
Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Total l	362.637 l	367.154 l	303.900 l	292.318 l	83.671 l		
Producción	33,47 h	37,49 h	27,82 h	27,45 h	9,84 h		
Parada	28,64 h	19,03 h	27,44 h	36,98 h	24,08 h	24,00 h	24,69 h
Listo Limpieza	9,11 h	12,88 h	1,27 h	3,64 h	24,24 h	24,00 h	23,99 h
Listo Esterilización	0,01 h	0,00 h	10,41 h	0,20 h	10,78 h	24,00 h	22,05 h
Listo Producción	0,14 h	1,13 h	1,26 h	2,05 h	1,16 h		
Esterilización	0,63 h	0,63 h	1,27 h		0,92 h		1,27 h
Limpieza		0,83 h	2,52 h	1,69 h	0,98 h		
Mantenimiento							
No Identificado							

Ilustración 49: Captura informe estados (2)

Con respecto al gráfico de la producción mensual, se muestran de forma más clara que en el anterior los patrones semanales. Además, podemos detectar anomalías como la que se aprecia entre los días 13 y 17 de abril. Hasta el momento, sabíamos que los fines de semana no hay producción, pero en este caso hay 3 días que no aparecen registros de color verde. Para analizar este caso bastará con revisar el calendario para confirmar que el día 14 de abril es festivo y, por tanto, tampoco hay producción.

En resumen, además de cumplir su función principal, estas visualizaciones nos sirven como base para la detección de patrones temporales y análisis de anomalías

PRODUCCIÓN DEL MES



PRODUCCIÓN DEL AÑO



Ilustración 50: Captura informe estados (3)

Informe de producción

El segundo informe presenta la producción de envases por línea y la distribución temporal de los estados de la línea. Para observar resultados representativos, tomaremos los datos de un mes.

Los dos estados mayoritarios son parada y producción. El elevado tiempo que la línea se encuentra en parada podría deberse a que durante los fines de semana la línea no produce como vimos en el anterior informe.

Con respecto a la producción de envases, se puede apreciar que la eficiencia del proceso es alta, ya que los rechazos son escasos en comparación con la producción total. Existen otros índices que miden precisamente el factor de productividad, por lo que más adelante hablaremos de ello con más detalle.

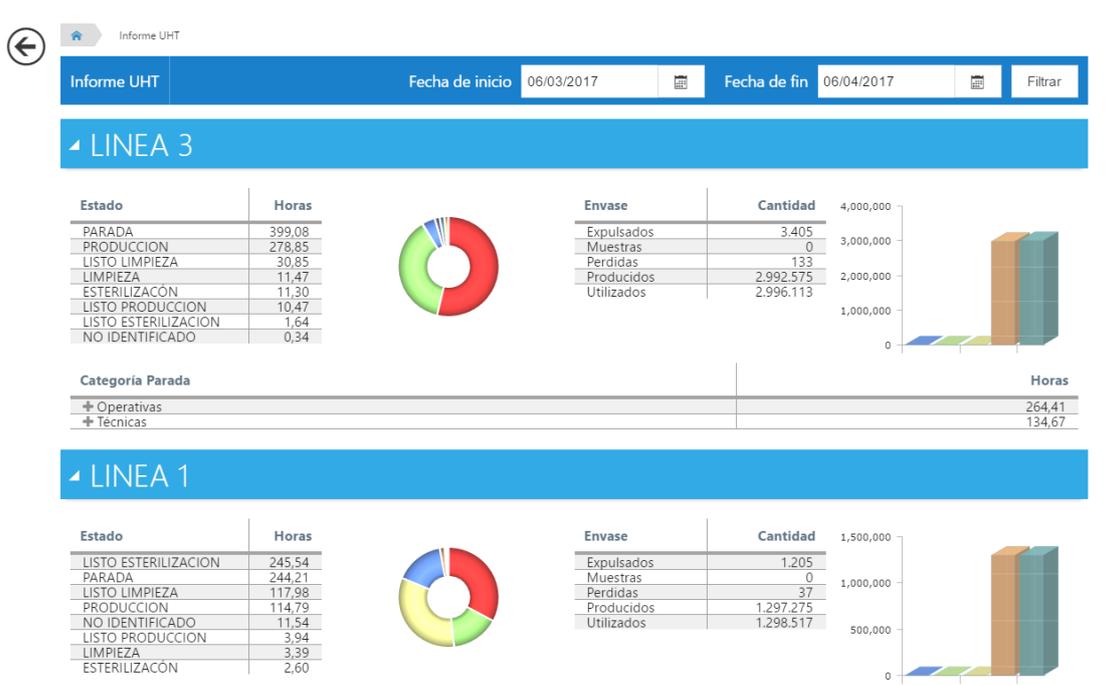


Ilustración 51: Captura informe producción

Por último, podemos observar como la línea 1 en particular tiene un rendimiento menor que el resto de líneas. Esto significa que debería ser reajustada en caso de que se encuentre produciendo en las mismas condiciones que el resto de líneas. Es función de los ingenieros del proceso tomar las decisiones consecuentes conociendo esta información.

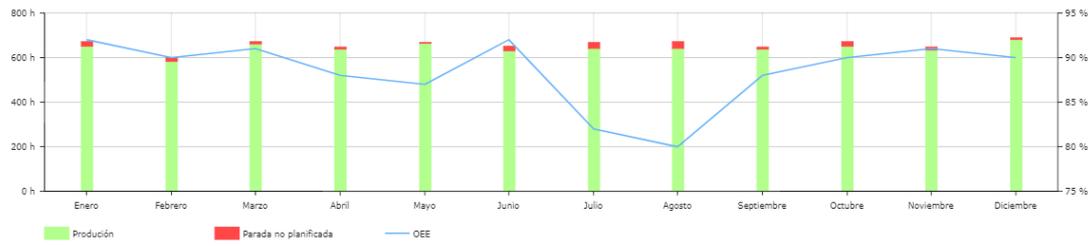
### Informe OEE

La Eficiencia General de los Equipos, OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), es un ratio porcentual que permite medir la eficiencia productiva del proceso. El OEE es uno de los indicadores más importantes porque nos permite conocer con un solo valor, factores relacionados con la disponibilidad, calidad y rendimiento.

Como se puede observar en el gráfico inferior, el informe del OEE muestra la distribución de la producción anual. El gráfico presenta la suma total de horas en cada estado por meses en columnas apiladas y la evolución lineal del OEE. En la tabla situada debajo del gráfico de barras se desglosa el desempeño por horas del proceso productivo.

La capacidad máxima es el máximo número de horas que puede estar en funcionamiento; por lo que 24 horas de funcionamiento por cada mes será nuestra capacidad máxima. De la capacidad máxima hay que restar las horas no destinadas a la producción. Estos tiempos se definen en el calendario y representan la capacidad del calendario. Los procesos no son perfectos y tanto los operarios como las máquinas generan pérdidas en el tiempo total de producción. El tiempo de producción es el número total de horas de producción reales, la cuales se pueden comparar con las horas teóricas de producción (objetivo total). El tiempo restante se refleja en las paradas no planificadas.

PRODUCCIÓN DEL AÑO



Mes	Capacidad máxima	Capacidad calendario	Objetivo total	Tiempo producción	Tiempo parada no planificada
Enero	744 h	682 h	670 h	650 h	20 h
Febrero	672 h	616 h	600 h	584 h	16 h
Marzo	744 h	682 h	670 h	661 h	9 h
Abril	720 h	660 h	650 h	639 h	11 h
Mayo	744 h	682 h	670 h	665 h	5 h
Junio	720 h	660 h	650 h	630 h	20 h
Julio	744 h	682 h	670 h	642 h	28 h
Agosto	744 h	682 h	670 h	641 h	29 h
Septiembre	720 h	660 h	650 h	639 h	11 h
Octubre	744 h	682 h	670 h	650 h	20 h
Noviembre	720 h	660 h	650 h	635 h	15 h
Diciembre	744 h	682 h	670 h	682 h	8 h

Ilustración 52: Captura informe OEE

Actualmente, se está desarrollando el mismo informe mensual y por semanas por petición del cliente.

## 6 Arquitectura

El siguiente apartado expone la arquitectura de control existente en planta y la solución aportada para la integración de este proyecto.

Como hemos comentado en anteriores capítulos, el sector de "*food and beverage*" es un sector en el que las arquitecturas de control del proceso productivo son complejas, debido a que cada máquina suele incorporar su propio PLC y está optimizada de tal forma que solo son configurables ciertos parámetros. Esto hace que en una misma planta coexistan PLCs de diferentes fabricantes.

Para poder implantar un sistema MES, es necesario tener acceso a ciertas variables que nos permitan ejecutar las órdenes de trabajo, generar los informes, etc. La situación anteriormente descrita hace esta tarea compleja ya que en muchas ocasiones la comunicación entre PLCs de diferentes fabricantes no es posible. Por otra parte, en procesos que llevan mucho tiempo en explotación, es habitual encontrar PLCs de modelos antiguos. Esto puede ser un problema como veremos a continuación, puesto que utilizan protocolos de comunicación y buses de campo que los nuevos modelos no poseen o viceversa. En conclusión, la integración de los elementos de control de planta no es una labor sencilla y requiere en ocasiones la instalación de elementos adicionales como ha sido en nuestro caso.

La situación inicial de la planta desde el punto de vista de la arquitectura de control era el siguiente.

- Las señales de los uperizadores y de los tanques asépticos se recogen en un único PLC.
- La encartonadora, etiquetadora, llenadora y paletizador posee su propio PLC.
- La flejadora y el stork están controladas mediante un PC industrial.

Como hemos indicado en numerosas ocasiones, para la implantación de un MES, es necesario tener acceso a todas las señales imprescindibles. Todas estas señales se recogerán a través de un bus de Ethernet industrial. El problema radica en que algunos PLCs no tienen adaptador de Ethernet, se tratan de los PLCs de los uperizadores, de los tanques asépticos, el de la encartonadora y la etiquetadora. Estos PLCs son modelos antiguos de Siemens, en concreto son el modelo S5. La solución aportada para recoger las señales ha sido incorporar otro PLC que sí posea Ethernet y que haga las funciones de concentrador de señales. Así pues, el diagrama arquitectura resultará de la siguiente forma.

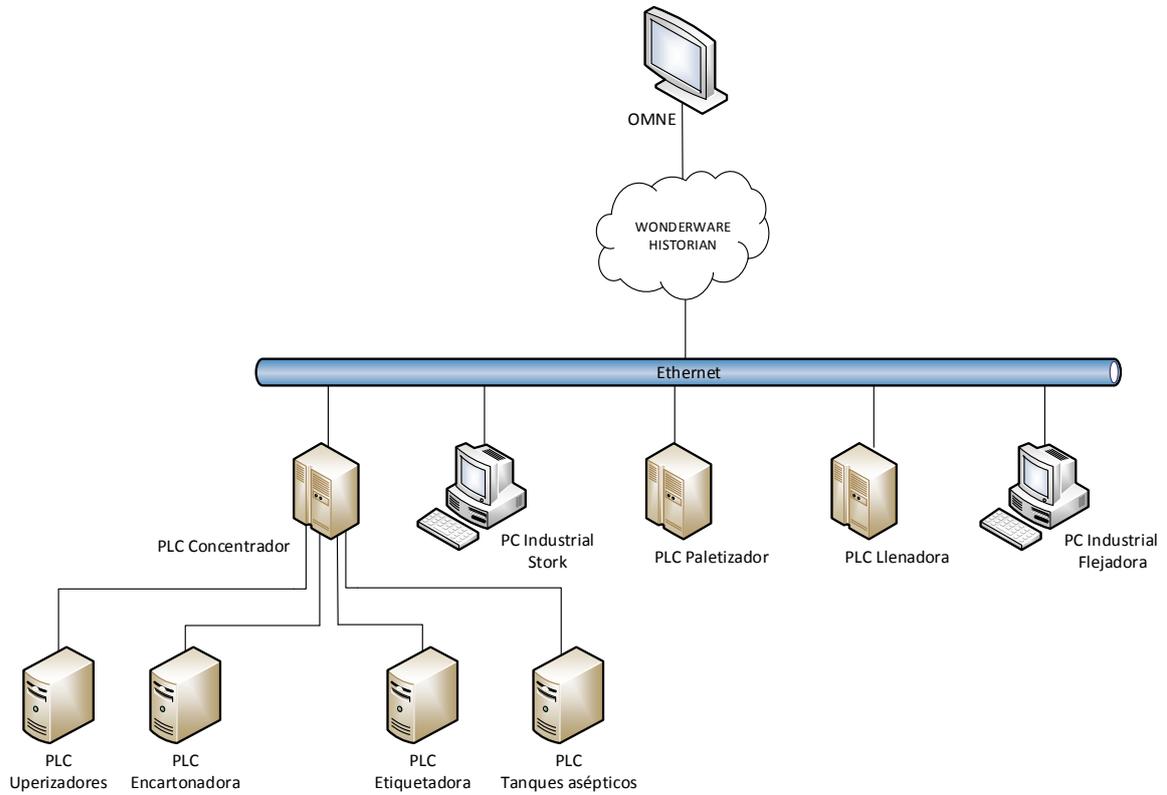
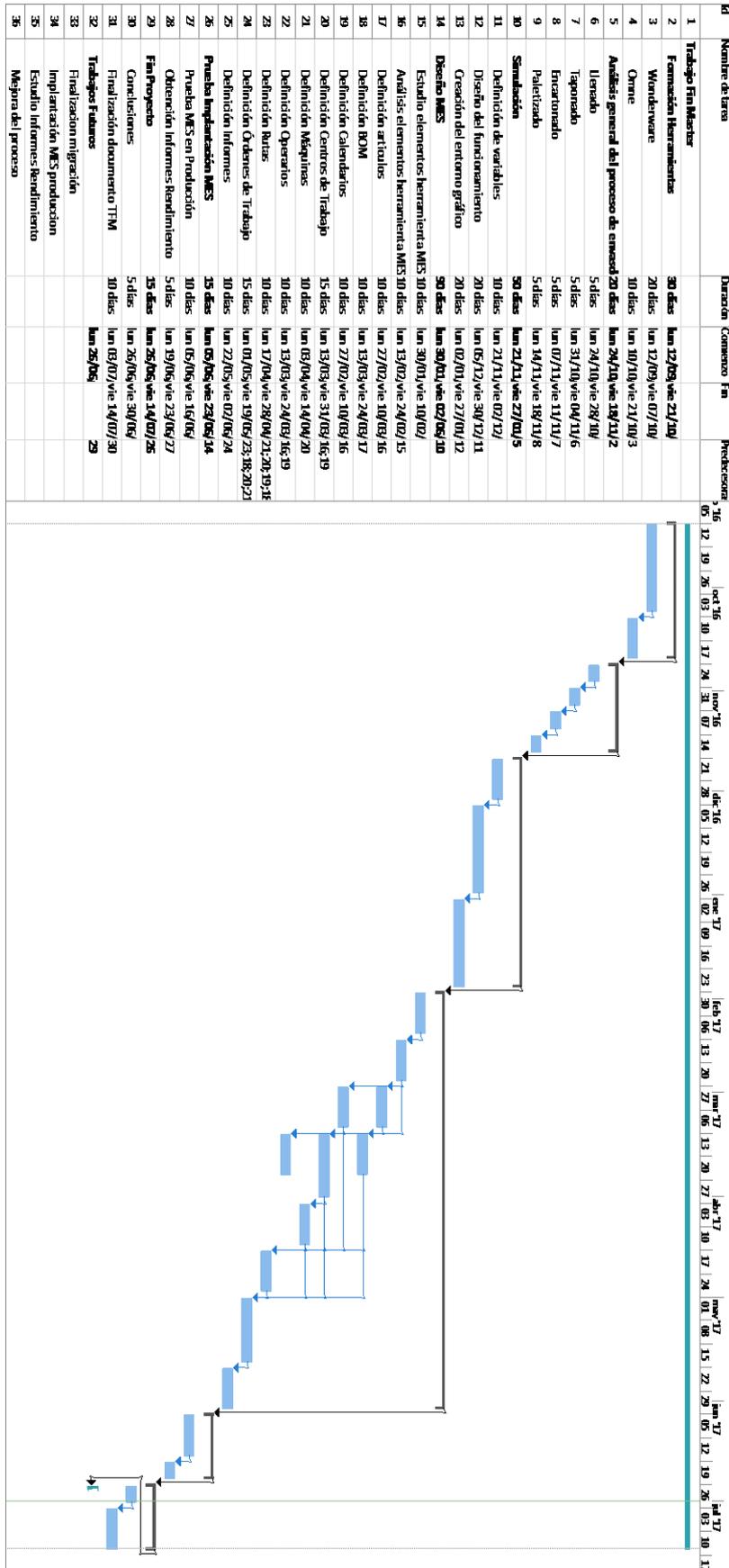


Ilustración 53: Diagrama arquitectura

## 7 Planificación y Presupuesto

### 7.1 Diagrama de Gantt de la planificación del proyecto



## 7.2 Presupuesto

Consideraciones previas:

<b>JP</b>	Jefe de proyecto
<b>CN</b>	Consultor
<b>PR</b>	Programador

<b>Licencias Wonderware</b>	<b>UD</b>	<b>Importe</b>	<b>Importe Total</b>
<i>System Platform 1k I/O 1k Historian</i>	1	12.500,00 €	
<i>1 año mantenimiento</i>	1	2.125,00 €	
<b>Total Licencias Wonderware</b>			14.625,00 €

<b>Hardware</b>	<b>Columna1</b>	<b>Columna2</b>	<b>Columna3</b>	<b>Columna4</b>
<i>Intel® Xeon® E5-2603 v3 1.6GHz,15M Cache,6.40GT/s QPI,No Turbo,No HT,6C/6T (85W) Max Mem 1600MHz</i>				2.622,00 €

<b>Hardware Captura</b>	<b>Columna1</b>	<b>Ud</b>	<b>Importe</b>	<b>Importe Total</b>
<i>X20 CPU, ATOM 333 MHz, 64 MB DDR2 RAM, 1 MB SRAM, exchangeable application memory: CompactFlash, 1 insert slot for X20 interface modules, 2 USB interfaces, 1 RS232 interface, 1 Ethernet interface 10/100/1000 Base-T, 1 POWERLINK V1/V2 interface, incl. power supply module, TB12 terminal block and slot covers, X20AC0SR1 X20 end plate right included, order program memory separately.</i>		1	985,00 €	
<i>Módulo 8 DI/DO</i>		2	320,00 €	
<i>Módulo 4 AI/AO</i>		1	425,00 €	
<i>Compact Flash 256MB SSI</i>		1	50,00 €	
<i>Powersupply, 1Phase, 24VDC, 2A</i>		1	80,00 €	
<b>Total PLC concentrador</b>				1.860,00 €

<b>Análisis</b>	<b>Perfil</b>	<b>Jornadas</b>	<b>Importe</b>	<b>Importe Actividad</b>
<i>Análisis Requisitos</i>	CN	5	2.000,00 €	
<i>Estudio máquinas Involucradas</i>	CN	2	800,00 €	
<i>Detección de señales</i>	CN	2	800,00 €	
<i>Análisis de conectividad</i>	CN	5	2.000,00 €	
<i>Diseño de Indicadores</i>	CN	5	2.000,00 €	
<b>Subtotal Análisis</b>				7.600,00 €

<b>Simulación</b>	<b>Perfil</b>	<b>Jornadas</b>	<b>Perfil2</b>	<b>Dedicación</b>	<b>Importe</b>	<b>Importe Actividad</b>
<i>Definición de variables</i>	PR	10	CN	25%	3.800,00 €	
<i>Diseño del funcionamiento</i>	PR	20	CN	25%	7.600,00 €	
<i>Creación del entorno gráfico</i>	PR	20	CN	25%	7.600,00 €	
<b>Total Simulación</b>						19.000,00 €

<b>Diseño MES</b>	<b>Perfil</b>	<b>Jornadas</b>	<b>Importe</b>	<b>Importe Actividad</b>
<i>Estudio de los elementos herramienta MES</i>	CN	10	4.000,00 €	
<i>Análisis elementos herramienta MES</i>	CN	10	4.000,00 €	
<i>Definición artículos</i>	CN	10	4.000,00 €	
<i>Definición BOM</i>	CN	10	4.000,00 €	
<i>Definición Calendarios</i>	CN	10	4.000,00 €	
<i>Definición Operarios</i>	CN	10	4.000,00 €	
<i>Definición Máquinas</i>	CN	10	4.000,00 €	
<i>Definición Centros de Trabajo</i>	CN	10	4.000,00 €	
<i>Definición Rutas</i>	CN	10	4.000,00 €	
<i>Definición Órdenes de Trabajo</i>	CN	15	6.000,00 €	
<i>Definición Informes</i>	CN	10	4.000,00 €	
<b>Total diseño MES</b>				46.000,00 €

<b>Parametrización Wonderware</b>	<b>Perfil</b>	<b>Jornadas</b>	<b>Importe</b>	<b>Importe Actividad</b>
<i>Diseño de plantillas</i>	PR	5	2.000,00 €	
<i>Mapeado de objetos</i>	PR	3	1.200,00 €	
<b>Total Parametrización Wonderware</b>				3.200,00 €

<b>Prueba puesta en marcha</b>	<b>Perfil</b>	<b>Jornadas</b>	<b>Perfil2</b>	<b>Dedicación</b>	<b>Importe</b>	<b>Importe Actividad</b>
<i>Parametrización y Arranque</i>	PR	10	CN	25%	3.800,00 €	
<i>Optimización</i>	PR	5	CN	25%	1.900,00 €	
<b>Total prueba puesta en marcha</b>						5.700,00 €

<b>Dirección y gestión del Proyecto</b>	<b>Jornada Proyecto</b>	<b>Dedicación</b>	<b>Jornadas JP</b>	<b>Importe</b>
<i>Dedicación JP sobre jornadas de Proyecto</i>	23	15%	3,45	2.070,00 €

<b>Capítulo</b>	<b>Importe</b>
Licencias Wonderware	14.625,00 €
Hardware	2.622,00 €
Hardware Captura	1.860,00 €
Análisis	7.600,00 €
Simulación	19.000,00 €
Diseño MES	46.000,00 €
Parametrización Wonderware	3.200,00 €
Prueba puesta en marcha	5.700,00 €
Dirección y gestión del proyecto	2.070,00 €
<b>Presupuesto de ejecución material</b>	<b>102.677,00 €</b>
Gastos Generales (13%)	13.348,01 €
Beneficio Industrial (8%)	8.214,16 €
Suma sin I.V.A.	124.239,17 €
I.V.A.(21%)	26.090,23 €
<b>Presupuesto de ejecución por contrata</b>	<b>150.329,40 €</b>

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CIENTO CINCUENTA MIL TRESCIENTOS VEINTINUEVE EUROS CON CUARENTA CÉNTIMOS.

## 8 Conclusiones y trabajos futuros

Como conclusiones al desarrollo del presente proyecto, y las contribuciones que me ha proporcionado su desarrollo, preciso.

La necesidad de la implantación de una herramienta MES para un uso eficiente de los recursos, mejora de la productividad y descenso de las pérdidas.

El gran valor que aportan las simulaciones de los procesos a la hora de implantar nuevas soluciones, permitiendo separar el desarrollo del proceso productivo.

Que la implantación de un proyecto en un entorno de producción real no es directa y se deben atender a las condiciones de partida que marca el estado de la planta. Esto incluye solventar los problemas e inconvenientes que puedan surgir y que impidan el avance del proyecto.

El trabajo en equipo es uno de los pilares más importantes para que un proyecto salga adelante respetando los plazos y presupuesto.

Comprender y satisfacer las necesidades y peticiones del cliente es una tarea compleja, ya que es necesario que el cliente pueda ver el valor de lo que está adquiriendo; pero por otra parte, puede hacer que el proyecto se demore demasiado tiempo en ciertas tareas.

La migración de la herramienta OMNE a un nuevo framework ha retrasado los plazos del proyecto y su finalización queda pendiente de realizarse.

Los informes no solo permiten obtener una lectura de lo que está sucediendo en planta, sino que gracias a la adición de visualizaciones gráficas es posible detectar patrones de comportamiento y anomalías. No obstante, como no se han podido desarrollar todos los informes deseados, no se ha podido hacer un análisis en profundidad sobre el rendimiento de la misma.

Como trabajo futuro se define completar la implantación del MES sobre la línea de producción con el nuevo interfaz. Objetivo para el cuál será necesario dar por finalizada la migración. Esto implica no solo finalizar las diferentes pantallas; además la nueva versión ha de pasar una batería de pruebas completa y documentada.

Una vez cumplido el anterior objetivo, la siguiente tarea propuesta es implantar la herramienta en producción y extraer los informes de rendimientos y utilización de los recursos. A partir de estos informes, los ingenieros del proceso podrán actuar sobre él mismo para solventar las carencias y de esta forma incrementar la productividad, fomentar un uso eficiente de los recursos y reducir las mermas.

## 9 Glosario

**Batch:** El termino batch o lote se utiliza frecuentemente para cuantificar unidades de producción. Cada lote tiene un identificador o ID único que permite la trazabilidad del producto. Generalmente, el ID lleva además asociada la cantidad y el TimeStamp del lote.

**BOM (Bill of materials):** Listado con todos los componentes necesarios para fabricar un artículo.

**CIM:** Acrónimo de Computer-Integrated Manufacturing es una filosofía y estrategia de producción, caracterizada por integrar toda la información de las distintas áreas de una empresa a través de sistemas informáticos y la utilización de equipos electrónicos para el control, supervisión y gestión de los procesos. CIM se compone de varios componentes CAD, CAE, CAM, CAP, and CAQ.

**CIP:** El concepto de limpieza de una instalación sin desmontar ningún equipo ni tubería se resume limpieza CIP “Cleaning In Place”, que se puede traducir por “Limpieza In Situ. El proceso de limpieza incluye tres estadios: Limpieza, desinfección y esterilización.

**Cycle time (Tiempo de ciclo):** Periodo entre el inicio de la primera actividad y el final de la última actividad basado en una secuencia de actividades definida. En producción, el tiempo de ciclo denota el periodo de tiempo necesario desde el inicio de procesamiento de un producto hasta su finalización

**EAN:** Acrónimo de European Article Number. Es un número de 13 u 8 franjas que contiene el identificador de un artículo.

**HMI:** (Human-Machine Interface) es una “interfaz hombre-máquina”, un panel de control diseñado para conseguir una comunicación interactiva entre operador y proceso/máquina, con la función de transmitir ordenes, visualizar gráficamente los resultados y obtener una situación del proceso/máquina en tiempo real.

**ID:** Abreviatura de “Identificador”. Un ID identifica unívocamente a un objeto, proceso, etc.

**ISA:** Abreviación de Instrumentation, Systems, and Automation Society. Los objetivos de la organización incluyen la elaboración de directrices sobre tecnología de medición, control y regulación de procesos y la organización de congresos y ferias sobre estos temas.

**ISA S88:** Es la forma abreviada de representar la norma ANSI / ISA-88, es un control de proceso por lotes de direccionamiento estándar. Es una filosofía de diseño para describir equipos y procedimientos. No es un estándar para el software, es igualmente aplicable a los procesos manuales. La parte 1 de la s88 define los modelos de referencia para el control de batch en la industria de proceso, relaciones y ratios entre modelos y procesos. En la parte 2 los modelos de datos y sus estructuras para el control de lote son definidos, lo cual hace más fácil estandarizar la comunicación dentro y entre el control de cada lote.

**ISA95:** Es la forma abreviada de representar la norma ANSI/ISA S95. La parte 1 de ISA S95 describe la terminología fundamental y los modelos con los que las interfaces entre los procesos de negocio y los sistemas de gestión de producción pueden ser definidas. La parte 2 define el contenido de la interfaz entre las funciones de control y gestión de la compañía. La parte 3 proporciona definiciones detalladas de las principales actividades de producción, mantenimiento, mantenimiento de almacenes, y secciones de control de calidad.

**Just-in-time (JIT):** Concepto de suministro de material que se centra en reducir el stock provisional y racionalizar el proceso productivo. Las partes y los productos preliminares se facilitan a la línea de producción con el mínimo tiempo de antelación.

**Kaizen:** Concepto japonés (kai = “cambio”; zen = “para mejor”) que consiste en una serie de medidas para la mejora continua del proceso.

**KPI:** Abreviatura de Key Performance Indicator. Un KPI es un parámetro que refleja el grado de cumplimiento con respecto a los objetivos establecidos o un factor crítico de éxito. Los ejemplos de KPIs más conocidos en el área de MES son Disponibilidad, OEE y tasa de calidad.

**Lean Manufacturing:** Denominada en español como manufactura esbelta, producción ajustada, producción limpia. Es un conjunto de herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no agreguen valor al producto, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. De esta forma se reducen los desperdicios y se produce utilizando los mínimos recursos necesarios. Esto no significa que se vayan a recortar el número de trabajadores, sino que se busca generar la máxima cantidad de trabajo con los recursos existentes.

**MESA:** Manufacturing Enterprise Solution Association. Es una asociación industrial que se centra en mejorar los procesos productivos en el sector de la manufactura a través de la optimización de las aplicaciones existentes y la introducción de sistemas de información innovadores. Busca una integración de los sistemas de información tanto vertical como horizontal.

**OEE:** Es la abreviatura de Overall Equipment Effectiveness. Es un KPI para máquinas y sistemas. La OEE se define como el producto de la disponibilidad, rendimiento y calidad.  $OEE = \text{DISPONIBILIDAD} \times \text{RENDIMIENTO} \times \text{CALIDAD}$ .

**OLE:** Abreviatura de Object Linking and Embedding. Una técnica basada en tecnología COM para la comunicación e intercambio de datos entre aplicaciones de Windows, que permite incorporar objetos de una aplicación en otras aplicaciones.

**OPC:** Abreviatura de OLE for Process Control. OPC es el estándar para el intercambio de datos seguro y fiable en el campo de la automatización industrial. Es una interfaz software estandarizada que permite el intercambio de datos entre puertos software de aplicaciones de diferentes marcas.

**PLC:** Abreviatura de Programmable Logic Controller. También conocido como autómata programable. Es controlador secuencial para la automatización de procesos. Se distingue por su fiabilidad, robustez y capacidad de respuesta en tiempo real.

**SCADA:** Supervisory Control And Data Acquisition. Es una aplicación software para el control de procesos productivos que permite controlar desde una pantalla los diferentes elementos de campo o activar secuencias de explotación del proceso. Puede servir de interfaz entre la parte de control y el MES.

**SOA/SOAP:** Abreviatura de Service-Oriented Architecture. La idea básica de la arquitectura orientada a servicios es categorizar los procesos de negocio en servicios individuales. El cliente llama a un servicio para una tarea definida (petición de servicio), el servidor procesa esta petición y el resultado (respuesta del servidor) se devuelve al cliente

**TAG:** dirección de memoria del PLC a la que se le asigna un nombre.

**Total productive maintenance (TPM):** El termino TPM se originó en Japón como forma para mejorar la disponibilidad de las máquinas a través de un mejor uso de los recursos de producción y mantenimiento. En la mayoría de las empresas actualmente el trabajador no se considera como un miembro del equipo de mantenimiento. En contra del enfoque tradicional del mantenimiento, en el que unas personas se encargan de “producir” y otras de “reparar” cuando hay averías, el TPM aboga por la implicación continua de toda la plantilla en el cuidado, limpieza y mantenimiento preventivos, logrando de esta forma que no se lleguen a producir averías, accidentes o defectos. De esta forma el operador de máquina es formado para llevar a cabo muchas de las tareas de mantenimiento diarias y búsqueda de fallas.

**TCP/IP:** Abreviatura de Transmission Control Protocol/Internet Protocol. Es el protocolo de comunicación más conocido y más utilizado para la comunicación en internet. TCP / IP también se utiliza cada vez más como un protocolo en la automatización y a nivel de campo (para la conexión de periféricas descentralizadas y sensores / actuadores).

**WIP:** Work In Progress. Registro y gestión del stock que se encuentra en producción (productos semiacabados) como función parcial de un MES.

**Workflow (Flujo de trabajo):** Organizar los procesos de trabajo describiendo y determinando procesos definibles y procesos de tareas compartidas que deben realizarse en una secuencia definida (paralela o en serie).

## Referencias

1. **Meyer, Heiko, Fuchs, Franz y Tyhel, Klaus.** *Manufacturing Execution Systems*. s.l. : Mc Graw Hill, 2009.
2. **Uzcangaa, Itzeel.** scribd.com. *Sistemas de producción tradicionales*. [En línea] [Citado el: 19 de 10 de 2016.] <https://es.scribd.com/doc/165457939/1-2-Sistemas-de-Produccion-Tradicionales>.
3. **Edinn.** Edinn.com. [En línea] [Citado el: 11 de 10 de 2016.] <http://edinn.com/es/oe.html>.
4. *IMPROVEMENT OF OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) IN INJECTION MOULDING PROCESS INDUSTRY.* **S.R.Vijayakumar, S.Gajendran**. 2014, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), pág. 19.
5. **Carver, Michael.** www.isixsigma.com. [En línea] [Citado el: 10 de 01 de 2017.] <https://www.isixsigma.com/tools-templates/capability-indices-process-capability/using-oe-metrics-for-all-process-steps/>.
6. **Invensys Systems, Inc.** Wonderware.es. [En línea] [Citado el: 15 de 02 de 2017.] <http://www.wonderware.es/Manufacturing-Operations-Management/Manufacturing-Execution-System-Operations/>.
7. —. *ArchestrA™ Integrated Development Environment (IDE) User's guide*. Lake Forest : s.n., 2005.
8. **Invensys Systems, Inc.** . *InTouch HMI Getting Started Guide*. 2014.
9. **Invensys Systems, Inc.** *Wonderware® Historian Client Software User's Guide*. Lake Forest : s.n., 2010.

