

RESUMEN

El Proyecto se llevó a cabo en la Compañía que Procter & Gamble (P&G) de Mataró, en la línea de producción F5, sección de ambientadores.

Inicialmente ésta línea estuvo operativa en la de P&G del “polígono Santiga” (Santa Perpetua de la Moguda).

La falta de control del rendimiento de la línea, hizo necesaria la implementación de un sistema de recogida de datos manual, de manera temporal.

La centralización del producto y el traslado de producción a Mataró, generaron una oportunidad de mejora, que abarcaba la reestructuración y modificación de las antiguas líneas de producción F2 y F5, que fueron integradas en la Línea F5 definitiva de Mataró.

Para conseguir un mayor nivel de eficiencia de la línea F5, se fijaron 3 acciones de mejora:

- Aumentar el tiempo productivo de la Línea.
- Aumentar la producción real obtenida.
- Aumentar el número de productos finales producidos con la calidad requerida.

Su finalidad era incrementar el porcentaje inicial del indicador “Overall Equipment Effectiveness” (OEE) desde un 60% hasta un 80%, mediante la implementación de un Sistema de recogida de datos automatizado (Sistema MES) y que una vez conseguido, fuera sostenible en el tiempo.

Las etapas más importantes desarrolladas fueron: la unificación de las Líneas antiguas e integración de maquinaria nueva en la Línea F5, la puesta en marcha del sistema de recogida de datos manual para conocer los resultados basales, la selección de la empresa proveedora del Sistema MES, el plan de implementación y puesta en marcha del Sistema MES, y la evaluación de los indicadores de resultados.

Los resultados más relevantes en seis meses de funcionamiento del Sistema MES fueron:

- El Planned, (paradas planificadas), pasaron de 15,2% a 8,8%.
- El Unplanned, (paradas no planificadas), pasaron de 24,5% a 6,5%.
- El indicador OEE pasó del 60,3% inicial a un 84,8%.

Se trabajó en base al ciclo de mejora continua, poniendo en marcha un Plan de mejora continua y de mantenimiento, que iba identificando oportunidades de mejora, definiendo y priorizando nuevas intervenciones para ir mejorando los resultados y hacerlos sostenibles.

En resumen, tanto la finalidad, como los objetivos primarios y secundarios objeto del Proyecto se consiguieron de forma satisfactoria y eficiente, habiendo invertido 79 477,8 euros, pudiendo obtener un posible beneficio máximo anual de aproximadamente 6 millones de euros, en función del mercado.

SUMARIO

RESUMEN	1
1. GLOSARIO	5
2. PREFACIO	9
2.1 Origen del Proyecto.....	9
2.2 Motivación.....	9
3. INTRODUCCIÓN	10
3.1 Origen y descripción de la Línea F5.....	10
3.2 Problemática de la Línea F5.....	12
3.3 Objetivo principal.....	13
3.4 Objetivos secundarios.....	13
3.5 Finalidad del Proyecto.....	13
3.6 Alcance del Proyecto.....	13
4. MARCO TEÓRICO	15
4.1 Indicador “Overall Equipment Effectiveness” (OEE).....	15
4.2 “Manufacturing Execution System” (Sistema MES).....	16
4.3 Ciclo de mejora continua y gestión por procesos.....	17
5. METODOLOGÍA APLICADA AL PROYECTO	19
6. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE RECOGIDA DE DATOS MANUAL	22
6.1 Descripción situación inicial Línea F5.....	22
6.2 Descripción de la identificación de fallos en la línea.....	23
6.2.1 Listado de tipos de paros y plantillas de registro.....	23
6.2.2 Ubicación de los fallos.....	24
6.3 Descripción del tratamiento de los fallos.....	25
6.3.1 Estados de funcionamiento de la Línea.....	25
6.3.2 Secuencia de tipo de paradas.....	26
6.3.3 Metodología de los 6 pasos: Abordaje de paradas mayores y menores.....	26
6.4 Análisis del sistema de recogida de datos manual.....	28
6.4.1 Seguimiento del “OEE”.....	28
6.4.2 Evolución del “Unplanned”.....	29
6.4.3 Evolución del “Layout”.....	30
6.5 Conclusiones.....	30
7. DISEÑO DEL SISTEMA MES	32
7.1 Obtención de información previa al diseño del Proyecto.....	32
7.1.1 Identificación de los usuarios.....	32
7.1.2 Necesidades de los usuarios.....	33
7.1.3 Requerimientos de los usuarios.....	34
7.1.4 Normativa.....	37

7.2	Diseño básico del Proyecto.	37
7.3	Proceso de selección de la empresa proveedora del Sistema MES.	39
7.3.1	Ingeniería de compras: Empresas candidatas.	39
7.3.2	Criterios de evaluación. Ofertas recibidas.	39
7.3.2.1	Presupuestos.....	39
7.3.2.2	Prestaciones ofrecidas.	42
7.3.3.3	Presupuestos prestaciones extras.	43
7.4	Sistema MES Final.....	44
8.	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA “MES”	45
8.1	Identificación de Acciones necesarias.	45
8.2	Cronograma de actuación.	46
8.3	Formación de usuarios.....	47
8.4	Elaboración del “Layout del diagrama de cajas.	48
8.5	Asignación de “Tags”. Configuraciones.	51
8.6	Garantizar conectividad Ethernet.....	51
8.7	Composición Hardware de la Línea F5.....	52
8.8	Asignación de “IPs”	52
8.9	Instalación del ordenador y software de la Línea F5.....	53
8.10	Instalación del ordenador y software del “Sistema MES”	53
8.11	Confección listado de paros	53
8.11.1	Paros de máquina automáticos.....	53
8.11.2	Paros manuales de máquina:	54
8.11.3	Paros de Línea manual “Planned y Unplanned”	54
8.11.4	Paros básicos de Línea:	55
8.12	Asignación “Recipies” y sus cuellos de botella.	55
8.13	Programación de los “PCL’s” de cada máquina.....	57
8.14	Puesta en funcionamiento de la Línea F5 y resultados Sistema MES.	57
9.	Evaluación del Sistema MES.	60
10.	Plan de Mejora Continua y Mantenimiento.	61
11.	PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO.....	66
12.	IMPACTO AMBIENTAL.	68
	CONCLUSIONES.....	69
	AGRADECIMIENTOS	70
	BIBLIOGRAFÍA.....	71

1. GLOSARIO

- **3VOL:** Producto de “Ambipur” que alterna tres olores y que se destina a ambientar hogares.
- **Air Care:** Se les llama a los ambientadores de “Ambipur” que perfuman el aire.
- **Avería:** Paro que requiere de la sustitución o reparación de un componente de la máquina antes de haber llegado a su vida útil.
- **Bizware:** Aplicación integrada en el software de Rockwell necesario para la obtención de información del sistema MES.
- **Bottleneck:** Fase de la cadena de producción más lenta que otras, que ralentiza el proceso de producción global. El Bottleneck determina la cantidad de piezas que se pueden producir después de un determinado periodo de tiempo.
- **CAR:** Producto de “Ambipur” que se destina a ambientar vehículos.
- **Checkpoints:** Es un punto de control que permite conectar vía “wifi” el servidor central de la empresa con cada una de las máquinas que componen las diferentes líneas de producción.
- **Contratista:** Trabajador ajeno a la plantilla de la empresa, contratado para trabajos o actividades temporales.
- **Diagrama de Pareto:** Es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente. Permite, asignar un orden de prioridades a la hora de analizar, detectar y dar con la solución en aquellos paros de mayor trascendencia y más frecuentes.
- **Depuckers:** Máquina que separa los “godets” donde se apoyan las botellas salientes de la llenadora.
- **Downtime:** Es el tiempo durante el cual la línea no produce, ya esté causado por un microparo, una parada mayor o una avería.
- **Downtime Tracking:** Seguimiento exhaustivo de todos los paros de una zona concreta de la línea, listándolos y visualizando con más facilidad dónde se ha de actuar para solucionar los paros que afectan más negativamente a la producción.
- **Dry Laundry and Active Making:** referido al detergente “Ariel” en polvo.
- **Estación:** Engloba un grupo de máquinas dedicadas a una misma función, dentro del proceso de producción.
- **Estado de “running”:** Línea en proceso de producción.

- **FLUSH:** Producto de “Ambipur” que se destina a ambientar las tazas de los wáteres.
- **Godet:** Soporte de protección de la botella que impide que ésta se tumbe a lo largo de la primera parte del recorrido de la línea.
- **GP2:** Producto de “Ambipur” de un solo olor que se destina a ambientar hogares.
- **HDL:** “High Density Liquid”, se refiere al detergente “Ariel” líquido de alta densidad.
- **HMI:** “Human Machine Interface”, se usa para referirse a la interacción entre humanos y máquinas.
- **Input Starved:** Referido a la falta de producto en la entrada a cualquier máquina de la línea.
- **IP:** Una dirección IP es una etiqueta numérica que identifica a una interfaz de una computadora dentro de una red.
- **Layout:** Es un plano que contiene la disposición de todos los elementos de una línea de producción.
- **Line leader:** Es el técnico cualificado responsable de todos los trabajadores que se encuentran a pié de línea, (jefes de turno, operarios, maquinistas, contratistas, conductor de “toro”...).
- **Mean time between failures (MTBF):** Tiempo medio existente entre cada uno de los paros de la línea de producción.
- **Mean Time To Repair (MTTR):** Tiempo medio para reparar una avería.
- **MES:** Manufacturing Execution System, Sistema de automatización de recogida de paros de una línea.
- **OEE:** “Overall Equipment Effectiveness”, indicador que mide la eficacia de la maquinaria industrial. Se expresa como un porcentaje de tres parámetros: disponibilidad, rendimiento y calidad.
- **Operational Department Manager (ODM):** Es el máximo responsable de cualquier tipo de operación que las líneas de producción requieran, (mantenimiento técnico de la línea), forma parte de los puestos cabeceros del departamento de producción.
- **Output Blocked:** Referido al exceso de producto a la salida de cualquiera de las máquinas de la línea.
- **Parada mayor:** Funcionamiento anómalo de máquina o reducción parcial de su rendimiento. No requiere la sustitución o reparación de ningún componente de máquina. La parada de línea es mayor de 10 min.

- **Parada menor:** Paro de la máquina o línea no superior a 10 minutos, que no requiere sustitución o reparación de ningún componente.
- **Paro operacional:** El producido de manera planificada para proceder a un cambio de marca, de formato, de estado de la línea...
- **Planned DownTime (PDT):** Aquellas paradas que han sido planificadas previamente, como podría ser, una reunión de línea.
- **Process Engineer:** ingeniero de procesos, encargado de diseñar, poner en marcha y ejecutar todo lo necesario, para obtener la óptima explotación de los sistemas o procesos a instalar en las diferentes líneas de producción de la empresa.
- **P&G:** Compañía americana “Procter and Gamble”.
- **Programmable Logic Controller (PLC):** Es una computadora utilizada para automatizar procesos electromecánicos, como por ej. el control de la maquinaria en la línea de producción.
- **PM Planner:** Planificador del mantenimiento preventivo de una línea de producción.
- **Recipies:** Código compuesto por números y letras que identifica el formato que se está produciendo en la línea en ese instante. Hay tantos “recipies” como formatos de trabajo de la línea.
- **Recursos de línea:** Son todas aquellas posibles configuraciones de producción que tiene una línea.
- **Report:** Informe de los paros de una línea en un determinado periodo de tiempo (turno, día, hora, mes, año...)
- **Root Cause:** Origen de la parada.
- **Scrap:** Ubicaciones de la línea donde se recoge el producto que hasta ese punto se ha formado, para reutilizarlo en pruebas futuras que pueda necesitar la línea.
- **Softlogic:** Aplicación integrada en el software de la empresa proveedora del Sistema MES, necesario para la implementación del sistema, que tiene como finalidad arrancar el servidor para el registro de eventos.
- **Tag:** Es un código identificador de máquinas y de tipos de paros.
- **Target:** Objetivo al que hay que llegar.
- **Technical Department Manager:** Es el máximo responsable del área técnica de las máquinas de las líneas de producción.
- **Trainee:** Programa de entrenamiento que deben recibir los usuarios de la línea para el buen conocimiento y preparación de la implementación del sistema MES.

- **Unplanned DownTime (UPDT):** Son aquellas paradas no planificadas (paradas menores, paradas mayores y averías).
- **Uptime:** Es el tiempo durante el cual la línea está produciendo.
- **Warehouse:** Almacén donde se guarda todo el stock producido.

2. PREFACIO

2.1 Origen del Proyecto

El proyecto surge ante la necesidad de aumentar la producción de uno de los productos de la empresa Procter & Gamble (P&G)¹ en la sección de ambientadores. Para desarrollarlo se necesita implementar la tecnología software más avanzada que contribuya a modernizar de manera concomitante, todo el proceso de producción.

2.2 Motivación

La motivación fundamental de la empresa fue promover una reestructuración general del sector de ambientadores, aprovechando el traslado y reconversión de dos líneas operativas (F2 y F4), para integrarlas en una nueva línea, (F5), e introducir una tecnología software avanzada de sistema automático de recogida de datos.

Con la propuesta de automatización de la línea, se pretende conseguir una serie de beneficios, que a grandes rasgos son:

1. Un menor desgaste psíquico y físico de los operarios.
2. Una fiabilidad mayor a la hora de analizar los resultados.
3. Una mejor estrategia de línea, en cuanto a asignación de tareas.
4. Una inversión de tiempo muy reducido a la hora de abordar los fallos de línea.
5. Un almacenamiento fácil y manejable, de los datos recogidos.
6. Un control y gestión de la línea de producción más adecuada y eficiente.

¹ Dyer, Davis, Dalzell, Frederick, Olegario Rowena. Procter & Gamble. Los 165 años de P&G construyendo marcas. Ediciones Granica, S.A. Barcelona: 2005

3. INTRODUCCIÓN

3.1 Origen y descripción de la Línea F5

Las líneas de producción “F3” y “F5” se encuentran en la sala “Flush” de “Ambipur”. En ellas se fabrican los mismos productos, pero con diferencias entre sí, según las tecnologías empleadas en cada una de ellas, la gama de perfumes que producen, los formatos de los ambientadores fabricados, y los diferentes países a los que van destinados.

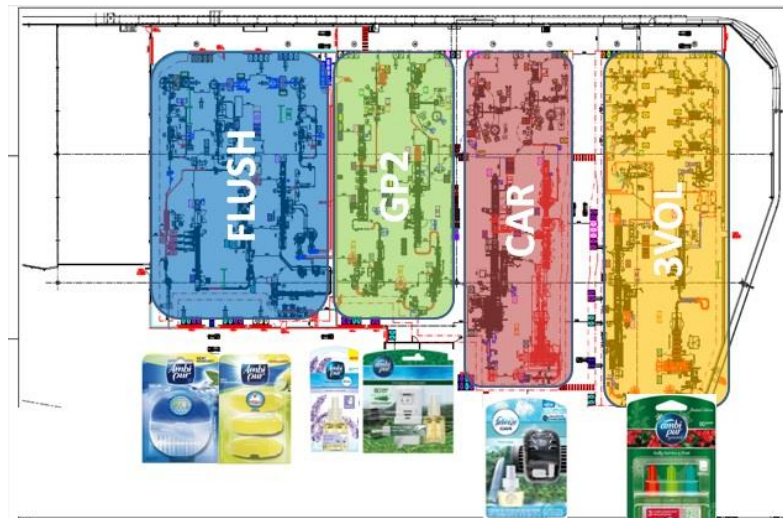


Fig. 1. Sector “Ambipur”: Ubicación línea F5 en FLUSH.

La Línea “F5” está formada por las que en su momento fueron dos líneas de producción independientes, las líneas “F2 y F4” y tiene su ubicación según Fig.1.

Hasta junio del año 2013 las líneas “F2 y F4” funcionaban en la antigua planta de P&G del polígono industrial de Santiga (ubicada en Santa Perpetua de la Mogoda).

La línea de producción “F5”, es un proyecto a implantar, originado por el cierre de la Planta de Santiga y el traslado a la planta P&G de Mataró.

Descripción de la evolución del “Layout” de la antigua línea, hasta llegar a hacer operativa la actual línea de producción “F5”:

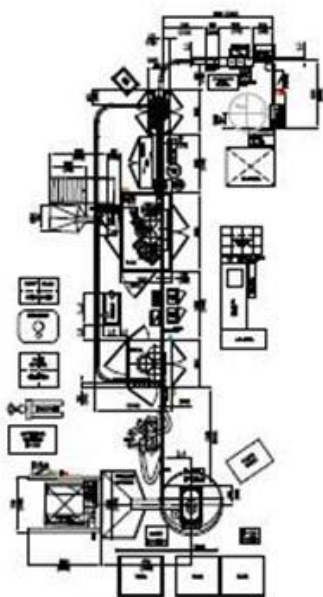


Fig. 2. Línea “F2” Santiga

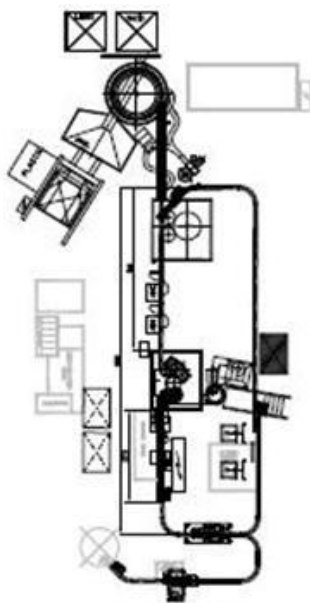


Fig. 3. Línea “F4” Santiga

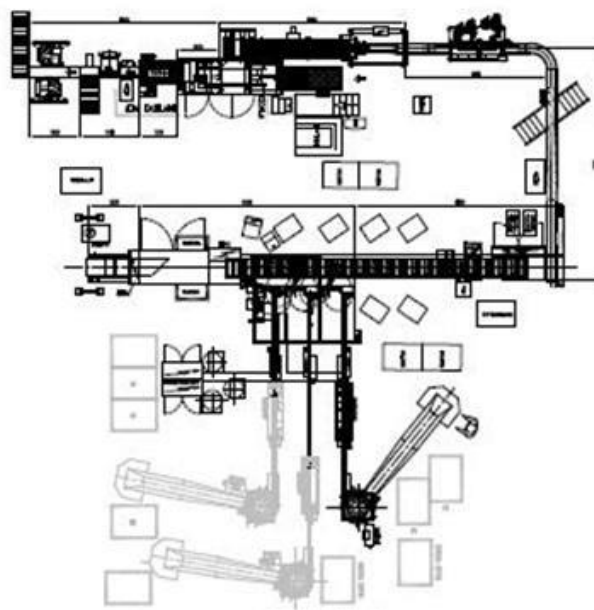


Fig. 4. Línea “F5” Santiga

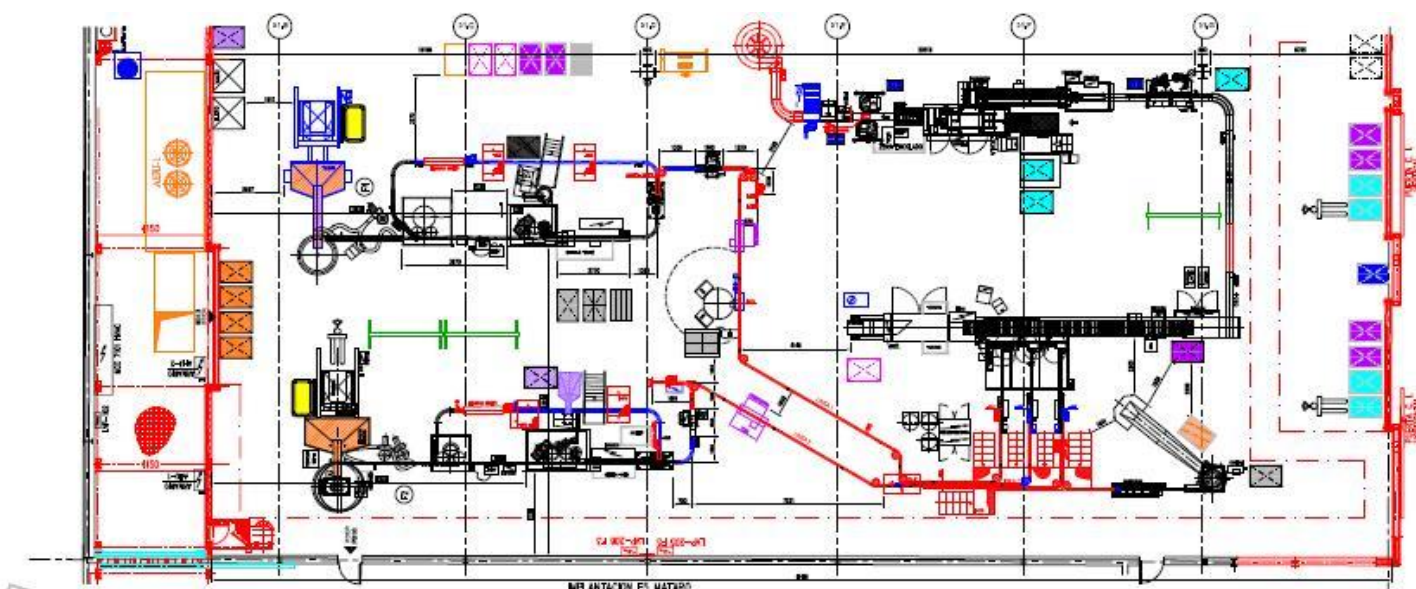


Fig. 5. Línea “F5” Mataró

En las **Fig. 2 y 3** se observan las líneas “F2 y la F4”, que tenían función de dosificadoras y producían por separado diferentes productos.

Cada una de ellas a su vez estaba formada por las máquinas:

1. Alimentador de botellas.
2. Orientador de botellas.
3. Codificador.
4. Dosificadora.
5. Pesadora.

Una vez integradas las líneas “F2 y F4” en la “F5”, en junio de 2013, dio lugar a la nueva línea “F5 temporal”, (de pruebas), que funcionó en Santiga durante 6 meses, (**Fig. 4.**)

En enero de 2014, con el traslado total de la línea de Santiga a la fábrica de Mataró, se puso en marcha la línea "F5 actual de Mataró", iniciando la producción en abril de 2014.

En la **Fig. 5**, se observa como las máquinas que formaban la "F2 y la F4" se integraron en la "F5 actual", de forma que actualmente funcionan como dosificadoras de la "F5", denominándose "**F 5.1 y F 5.2**".

La "**F5 de Mataró**", mantiene las mismas características que la "F5 de Santiga", a la que se le añadieron las siguientes modificaciones:

- se eliminaron las tolvas alimentadoras de botellas.
- se introdujeron una nueva emblistadora en lugar de la estuchadora.
- se incorporaron un paletizador, que sustituye a la paletización a mano de Santiga.

La línea de producción "F5 de Mataró" se compone de las máquinas:

1. Dosificadoras "F 5.1 y F 5.2", con las máquinas comentadas por duplicado.
2. Distribuidora de botellas.
3. Emblistadora. (de nueva incorporación)
4. Robots colocadores de botellas.
5. Pick & Place del cartoncillo.
6. Selladora del cartoncillo con el blíster.
7. Máquina colocadora del blíster.
8. Distribuidora de blísteres.
9. Encajadora.
10. Pesadora de cajas.
11. Paletizador. (Cada línea tiene su propio paletizador).

3.2 Problemática de la Línea F5

A diferencia de otras líneas de la empresa, la línea "F5" que se instaló temporalmente en el antiguo polígono de Santiga y que posteriormente se implantaría definitivamente en la planta de Mataró, tenía como característica diferenciadora principal, la inexistencia de un sistema de recogida de datos.

Para paliar de manera temporal la inexistencia de un sistema de recogida de datos, se confeccionó un sistema de recogida de datos manual, donde a través de una serie de acciones los operarios recogían todo tipo de incidencias.

Una vez la línea fue trasladada a Mataró, la inexactitud del sistema de recogida de datos manual y el gran desgaste psíquico y físico provocado en los operarios, hizo emerger la problemática y consecuentemente la necesidad de modernizar y automatizar el sistema de recogida de datos.

3.3 Objetivo principal

Diseñar el plan de automatización del sistema de recogida de datos de la línea F5, para:

- Aumentar el tiempo productivo de la Línea.
- Aumentar la producción real obtenida.
- Aumentar el número de productos finales-producidos de la calidad requerida.

3.4 Objetivos secundarios

Como consecuencia directa del objetivo principal se obtienen los siguientes objetivos:

- Disminuir el trabajo de los operarios y aumentar su confort.
- Minimizar las probabilidades de error humano en la recogida de datos.
- Ahorrar costes directamente proporcionales al aumento del “OEE”.
- Evitar accidentes laborales.
- Facilitar el manejo de información de la línea.
- Disminuir el tiempo empleado en la eliminación de los paros.

3.5 Finalidad del Proyecto

Partiendo del porcentaje inicial del “OEE”, que es de un 60% aproximadamente, se deberá incrementar un 20 - 25% el “OEE”, y una vez alcanzado el 80 - 85%, mantenerlo y hacerlo sostenible en el tiempo, mediante la automatización del sistema de recogida de datos.

Como consecuencia directa de la finalidad, cada punto porcentual de incremento de “OEE” supondrá un beneficio aproximado de 300 000 euros anuales; al final de la implantación de todas las fases, con un máximo beneficio posible de 6 000 000 de euros / año, en función de los mercados.

3.6 Alcance del Proyecto

El Proyecto comprende los siguientes estudios:

- Descripción situación inicial de la línea.
- Identificación de los fallos.
- Tratamiento de los fallos del Sistema Manual: valoración de funcionamiento de la Línea y abordaje de las paradas.
- Análisis del Sistema Manual: seguimiento de los indicadores evaluadores del sistema.
- Conclusiones del Sistema Manual, y sus carencias.
- Diseño del Sistema MES: Requerimientos previos, diseño básico del proyecto, selección empresa proveedora del Sistema MES y los criterios de evaluación.
- El Plan de implementación del Sistema MES: incluye la identificación de las acciones necesarias, el cronograma de las mismas, y las etapas de implementación del Sistema y puesta en funcionamiento.
- Evaluación del Sistema MES.
- Plan de mejora continua y de mantenimiento: Identificación de aspectos de mejora y propuesta de nuevas intervenciones.

- Elaboración del presupuesto.
- Estudio del impacto ambiental.

La automatización del sistema de recogida de datos afectará (**fig. 6**) a los ámbitos de:

- La gestión documental.
- Las señales de máquina.
- La monitorización e informes.
- La gestión de mantenimiento.



Fig. 6. Automatización de la Línea

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Indicador “Overall Equipment Effectiveness” (OEE)²

Fue creado por la Compañía Toyota y se ha convertido en un estándar internacional reconocido por las principales industrias del mundo. También se le conoce con las siglas TVC (Tiempo, Velocidad y Calidad).

El parámetro “OEE”, es una herramienta que mide la eficiencia de la maquinaria industrial, y se expresa como un porcentaje.

Se trata de una medida estándar que utilizan los principales fabricantes del mundo de los países industrialmente avanzados, que interesa conocer porque:

1. Las empresas realizan grandes inversiones en maquinaria y necesitan obtener el máximo retorno de su inversión en el menor tiempo posible.
2. Para una empresa es fundamental disminuir las pérdidas productivas y conseguir que pueda ser lo más competitiva posible.
3. Sólo aquello que se mide se puede gestionar con el objetivo de mejorarlo.
4. Es una medida que permite compararnos con los mejores.

Se dice que una máquina tiene un “OEE” del 40%, significa que de cada 100 piezas que la máquina puede producir con la calidad adecuada, sólo fabrica 40.

Su cálculo se realiza en base a 3 factores que determinan la productividad de las máquinas (**Fig. 7**):

1. **Disponibilidad:** cociente entre el tiempo productivo de una máquina y el tiempo disponible, para un periodo de producción determinado.
2. **Rendimiento:** cociente entre la producción real y la capacidad productiva de una máquina, para un periodo de producción determinado.
3. **Calidad:** cociente entre la producción buena y la producción real; es decir, mide las piezas buenas fabricadas, en relación al total de piezas producidas.

² Hansen, R. Overall Equipment Effectiveness, Paperback, 2011



Fig. 7. Cálculo Indicador “OEE”

En P&G trabajan 3 turnos de 8 horas, durante 5 días a la semana, con una capacidad productiva potencial de 1 000 productos / hora. Cada producto acabado tiene un coste de 5 euros.

Una mejora de un 1% del “OEE”, genera 50 euros más de beneficio / hora, es decir, 1 200 euros/día. Trabajando las 24 horas durante 5 días a la semana, el beneficio extra generado en un año será aproximadamente de 300 000 euros.

4.2 “Manufacturing Execution System” (Sistema MES)³

El sistema MES, es una plataforma informática que enlaza, a nivel de planta, el sistema ERP de gestión (Compras, Planificación, Almacenes...) con los recursos productivos (máquinas, líneas de producción).

Los “MES” dirigen y monitorizan los procesos de producción en la planta, incluyendo el trabajo manual o automático de informes, así como preguntas “on line” y enlaces a las tareas que tienen lugar en la planta de producción. “MES” puede incluir uno o más enlaces a órdenes de trabajo, recepción de mercancías, transporte, control de calidad, mantenimiento, programación y otras tareas relacionadas.

“MES” puede ser integrado en sistemas de ejecución de operación (OES) y en sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP), lo que permite un intercambio de información entre sistemas.

Tanto “MES” como OES son sistemas que crean una conexión y un flujo de datos del sistema entre el ERP y los sistemas o dispositivos de control de la planta, como Programmable Logic Controllers (PLCs), que controlen las máquinas individuales o líneas de producción.

La mayoría de los sistemas “MES” incluyen conectividad como parte de su oferta de productos. La comunicación directa de los datos que almacenan las diferentes estaciones de la planta se establece mediante la conexión a los PLCs. Los datos recogidos en la

³ Kletti, Jürgen. Manufacturing Execution System-MES, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007

planta se diagnostican en tiempo real en un sistema de control de procesos y adquisición de datos llamados OLE para control de procesos (OPC), que viene a ser un servidor de almacenamiento de datos.

El objetivo de “MES” es aumentar el nivel productivo de la planta a través de la optimización en la gestión de los recursos, mejorando:

- 1 El rendimiento: rendimiento de las máquinas (OEE: Overall Equipment Efficiency) a través del control del estado de las máquinas.
- 2 La gestión de OF's: saber en cada instante, el estado de la orden de fabricación; su cantidad pendiente, realizada, fecha de finalización prevista...
- 3 La trazabilidad: trazabilidad ascendente y descendente, incluyendo las condiciones del proceso en la cual se han producido los lotes.
- 4 La logística mediante etiquetado con códigos de barras de lotes intermedios y finales, actualizando de forma automática los almacenes (producciones y consumos).
- 5 El control de calidad en planta, manual y automático a través de la integración de equipos de medición.

4.3 Ciclo de mejora continua y gestión por procesos⁴

Una línea de producción está formada por un grupo de operarios trabajando en un proceso para obtener un producto que sirva satisfactoriamente los objetivos y necesidades de la empresa y los clientes. Para conseguir dichos objetivos es necesario llevar un control de la calidad.

En el mundo empresarial el control de calidad, se define como el conjunto de técnicas y actividades utilizadas para verificar que un producto reúne unos requisitos previamente definidos.

Las bases del ciclo evaluativo de la calidad (**Fig.8**) en el modelo industrial, consiste en que con unos recursos (*inputs*) y procedimientos (*process*), obtenemos un producto o resultado (*outputs*). Las actividades dirigidas a la mejora de la calidad se deben orientar a medir: la estructura, los procesos y los resultados.

⁴ Juran JM, Gryma FM, Bringham JR Conceptos básicos. Editores. Manual de control de la calidad. Barcelona: Reverté; 1990

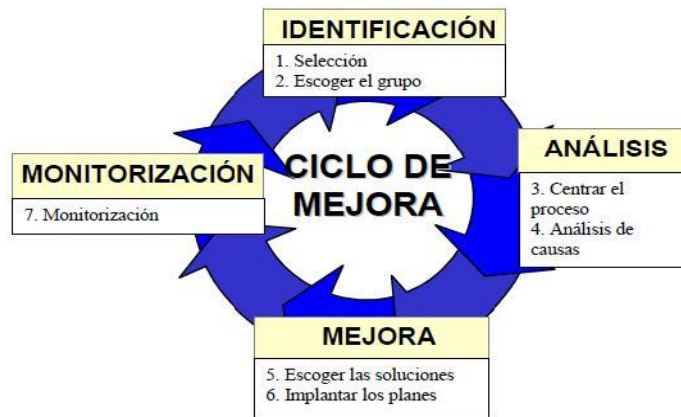


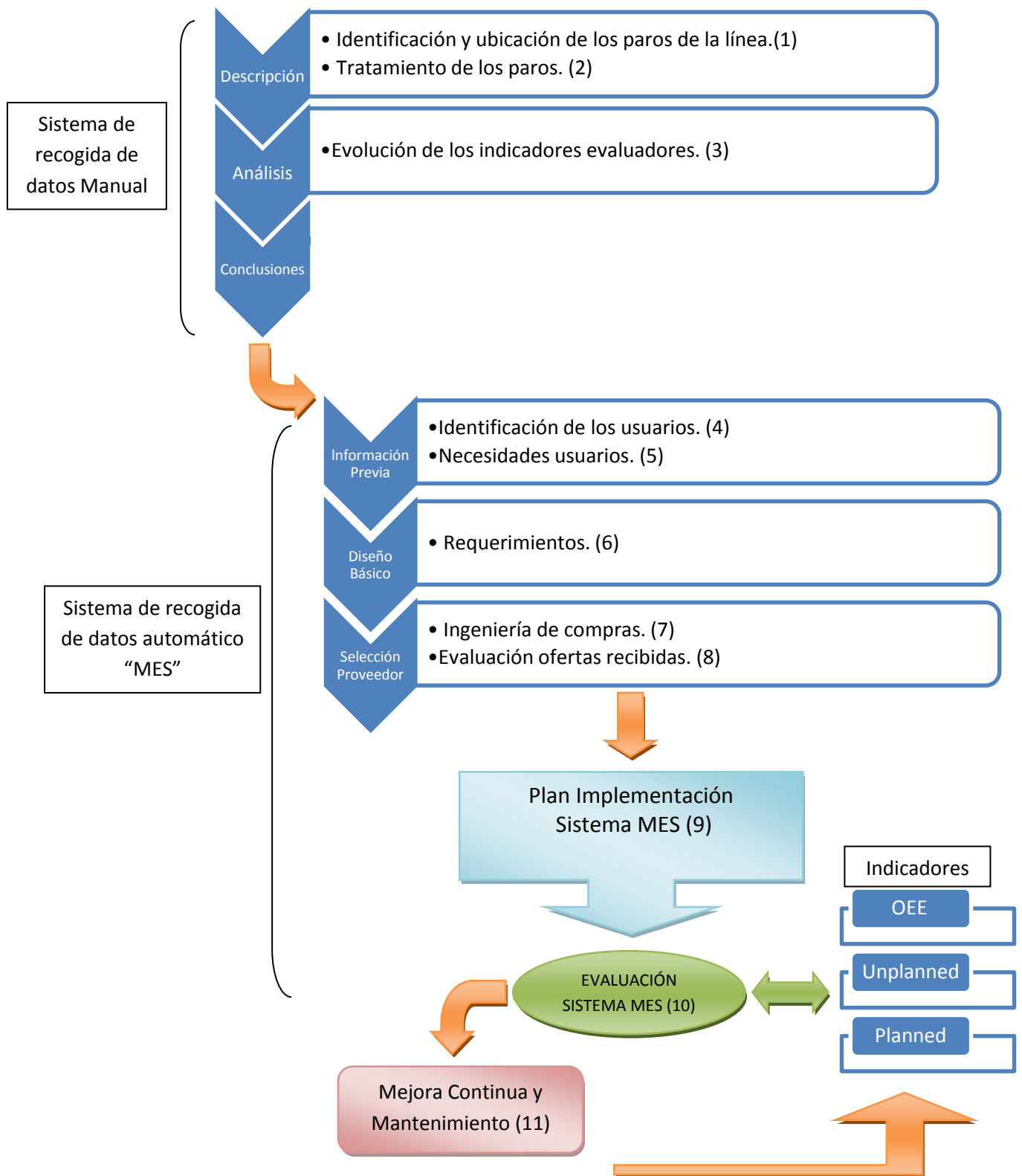
Fig. 8. Ciclo de mejora continua.

La aplicación del ciclo de mejora continua a la implantación del Sistema MES en línea de producción F5, se centró especialmente en el control de los procesos, y el producto final, por ser la manera más eficaz de evaluar y aprender de los errores, y de identificar los puntos de mejora que nos servirán como fuente de oportunidades, para ir implementando nuevas intervenciones que mejoren los resultados anteriores y así sucesivamente, de una manera sistemática.

La gestión por procesos, es una estrategia y metodología basada en su sistematización. Para ello, en primer lugar definiremos el propietario del proceso, (profesional de línea cuya actividad es esencial para la obtención de los mejores resultados y que tiene la responsabilidad de mejorarlo de forma permanente). Para mejorarlo necesitará la formación necesaria, el compromiso directivo y disponer de toda la información que el trabajador requiera sobre su participación en el proceso.

Una vez definidos los propietarios de cada proceso, se pusieron en marcha las fases del ciclo de mejora continua, identificando las posibles áreas de mejora, priorizando las que vamos a atacar, describiendo los indicadores con los que medir su efectividad y su eficiencia, poniendo en marcha las intervenciones seleccionadas y finalmente realizando su seguimiento y evaluación.

5. METODOLOGÍA APLICADA AL PROYECTO⁵



Esquema 1. Metodología empleada.

⁵ Metodología propia de la empresa P&G.

- (1) Identificación y ubicación paros de la línea: Listado y clasificación de los paros a través de plantillas de registros como consecuencia de la observación directa de los operarios.
Ubicación de los diferentes paros encontrados anteriormente a lo largo de la línea a través del layout de la línea, dándoles una numeración a cada uno de manera que cada número corresponde a una descripción de paro diferente, así como el color rojo para saber que aun no ha sido estudiado y depurado.
- (2) Tratamiento de los paros:
Metodología de los 6 pasos: Identificar la parada según la nomenclatura de referencia, causas más frecuentes generadoras de la parada, observación directa de la parada provocada con las diferentes máquinas asociadas, reunión grupal para el análisis de las diferentes causas de la parada mediante gráficos estadísticos de las paradas, análisis de las causas de las causas mediante diagramas de flujos, acciones llevadas a cabo.
- (3) Evolución de los indicadores evaluadores: Seguimiento de la evolución de los gráficos de los indicadores OEE y Unplanned.
Comparación visual de la evolución del Layout respecto a la etapa (1), comparación del color rojo inicial al verde final, el cual reciben los paros una vez han pasado la metodología de los 6 pasos.
- (4) Identificación de los usuarios: Reunión con la "line-leader" para saber el organigrama de la línea y los diferentes tipos de usuarios
- (5) Necesidades de los usuarios:
Entrevista con usuarios: encuentro con los diferentes tipos de usuarios de la línea, y realización de preguntas abiertas para saber acerca de sus funciones.
Reuniones individualizadas: con la finalidad de conocer la relación de cada uno de los usuarios con el proyecto.
Cuestionario abierto: cada usuario expresaba sus funciones y por consiguiente se detectaban las necesidades requeridas.
Cuestionario cruzado: a cada uno de los usuarios anteriores se les entregaba los cuestionarios abiertos del resto de usuarios, con la finalidad de detectar alguna otra función o necesidad que podían tener en común con otro tipo de usuario.
- (6) Requerimientos: Recopilación de las necesidades según las funciones de cada usuario y transformación en requerimientos del sistema MES.
- (7) Ingeniería de compras: El Departamento de compras se encargó de escoger las empresas proveedoras candidatas. Contacto vía mail y/o telefónico con las 6 principales empresas de implementación de sistemas MES.
- (8) Evaluación ofertas recibidas:
Primer criterio: Límite presupuestario máximo de 58.850 euros.
Segundo criterio: Prestaciones ofrecidas por las empresas candidatas.
Tercer criterio: Presupuestos de las prestaciones extras.

- (9) Plan de Implementación sistema MES: compuesto por 13 etapas correlativas que se detallan en el núcleo del proyecto.
- (10) Evaluación Sistema MES: Seguimiento de los gráficos porcentuales de los tres indicadores: OEE, Unplanned y Planned, con ellos se califica el funcionamiento de la línea y se establecen los resultados del sistema MES actuales, con la intención de ser mejorados en la etapa (11).
- (11) Mejora Continua y Mantenimiento:
- Identificación de problemas y oportunidades:
- Grupo nominal de Delbecq: se plantea una pregunta abierta y los participantes realizan una lista individual de problemas observados de mejora.
- Problem Report: a través de una hoja específica de comunicación de oportunidades de mejora, en la que cualquier profesional de línea puede comunicar un problema detectado. La hoja de comunicación de problemas por parte del profesional consta de unos apartados cerrados.
- Escucha y Observación activa: Para recoger opiniones, reclamaciones y sugerencias tanto orales como visuales de los profesionales, producidas durante el proceso productivo.
- Análisis de las causas que originan las disfunciones:
- Diagrama causa – efecto de Ishikawa: sirvió para desplegar una gran cantidad de información sobre los problemas detectados, identificando de forma estructurada sus causas o factores contribuyentes, agrupándolos en diferentes categorías.
- Diagrama de flujos: visualiza cómo, cuándo y quién lo realizaba, y dónde se produce cada paso específico. Sirve para identificar puntos conflictivos y oportunidades de mejora.
- Priorización de las nuevas acciones de mejora:
- Comparación por parejas: para reducir a un número menor los problemas identificados y para priorizarlos. Comparamos cada problema con todos los demás.

6. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE RECOGIDA DE DATOS MANUAL

6.1 Descripción situación inicial Línea F5

La línea F5 en Santiga producía sin control alguno, pues no existía ningún sistema de recogida de datos para analizar su comportamiento. Esto se traducía en una línea ineficiente, porque ante la aparición de un fallo determinado o problemática en alguna de sus máquinas o procesos productivos, se reparaba la incidencia al instante, sin hacer ningún análisis de las causas y motivos que ocasionaban las paradas y errores; eventos que se producían con frecuencia y donde solamente se calculaba el “Overall Equipment Effectiveness” (“OEE”), pero no se analizaba, por qué y dónde se perdían los porcentajes de “OEE”.

Dada su necesidad, se procedió a crear un sistema de recogida de datos manual. Al ser una línea temporal, que se iba a trasladar a Mataró, se descartó la instalación de un sistema informático responsable de la recogida de datos, por tres causas fundamentales:

1. Su elevada inversión.
2. La nueva línea estaría en funcionando muy poco tiempo en la fábrica de Santiga.
3. Y fundamentalmente, porque éste sistema no era compatible con la instalación de la nueva Línea en Mataró; debido a que en Santiga se trabajaba con “checkpoints” que establecían la conexión entre el servidor y las antenas wifi de los PLC’s de las máquinas de las líneas de producción; a diferencia de Mataró, donde la previsión era conectar todo mediante cable ethernet, en evitación de los posibles fallos del wifi.

Los valores en la situación inicial de la línea de dos de los indicadores utilizados en ésta etapa: OEE y Unplanned eran:

jul-13	
F5	
Planned	17.3
Unplanned	15.4
OEE	67.3

En esta etapa el indicador Planned no era relevante, pues se trataba de paros planificados, que abundaban debido a que se paraba la línea con frecuencia, para realizar mejoras internas y externas a la línea.

6.2 Descripción de la identificación de fallos en la línea

6.2.1 Listado de tipos de paros y plantillas de registro

A través de una colocación estratégica de los operarios a lo largo de toda la línea, se detectaron los diferentes tipos de paros posibles.

Una vez detectados, se anotaron en una lista manual, (**Fig. 9**) para tenerlos registrados, en especial los más frecuentes.

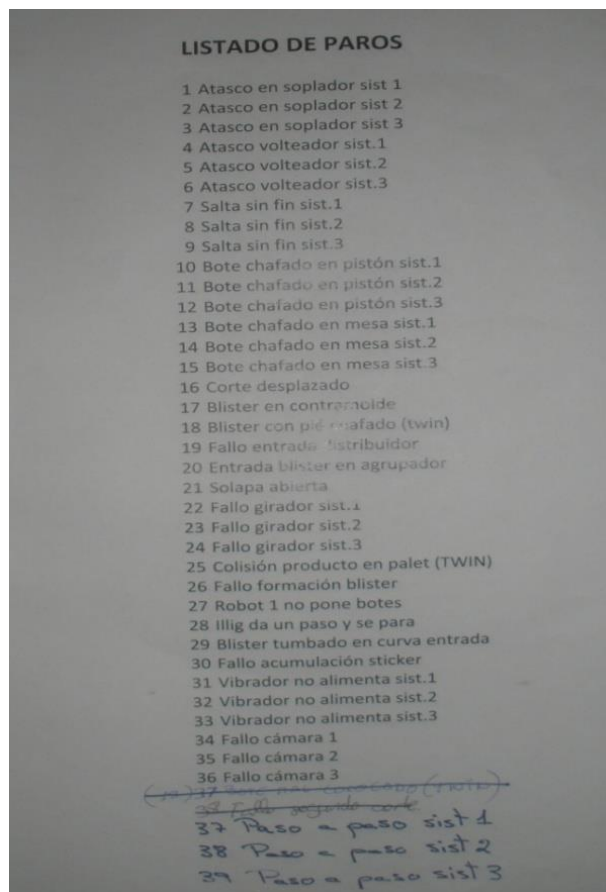


Fig.9. Listado de paros

Posteriormente se elaboraron las plantillas de recogida de datos para controlar mejor las paradas (**Fig.10**). Cada operario disponía de una plantilla de recogida de datos estándar.

Las plantillas estaban sectorizadas por máquina, para que fuera más sencilla la recogida de información.

En las plantillas se recogía:

- La sección de la línea en la que se produce el fallo.
- El número del fallo.
- La descripción del fallo.

- Las casillas de la derecha se utilizaron para poner “registros manuales - palitos” y sumar manualmente el número de paradas producidas.

REGISTRO PARADAS F5					
Formación					
Nº	Fallo				
16	Corte desplazado				
26	Fallo formación blister				
Otros paros no identificados (añadir descripción)					
Sellado					
Nº	Fallo				
17	Blister en contramolde				
18	Blister con pié chafado (twin)				
Otros paros no identificados (añadir descripción)					
Sticker					
Nº	Fallo				
29	Blister tumbado en curva entrada				
30	Fallo acumulación sticker				
Otros paros no identificados (añadir descripción)					
Distribuidor					
Nº	Fallo				
19	Fallo entrada distribuidor				
Otros paros no identificados (añadir descripción)					
Encajadora					
Nº	Fallo				
20	Entrada blister en agrupador				
21	Solapa abierta				

Fig.10. Modelo plantilla recogida datos manuales.

6.2.2 Ubicación de los fallos

Para conocer dónde se producían los fallos:

- Se imprimió el Layout de la Línea F5 a gran escala. (Fig.11)
- Se colgó en una de las pizarras de la línea.
- En todas las ubicaciones donde se detectaba un fallo se enganchaba un “post-it” rojo, con un número escrito, relacionando el fallo con la descripción del mismo en la pizarra, para hacer más visual los lugares de la línea donde se producían.
- Por el número del “post-it”, el operario se ubicaba mejor y recogía los datos sin errores.



Fig.11. Impresión del “Layout” de la línea inicial pre intervención

6.3 Descripción del tratamiento de los fallos

6.3.1 Estados de funcionamiento de la Línea

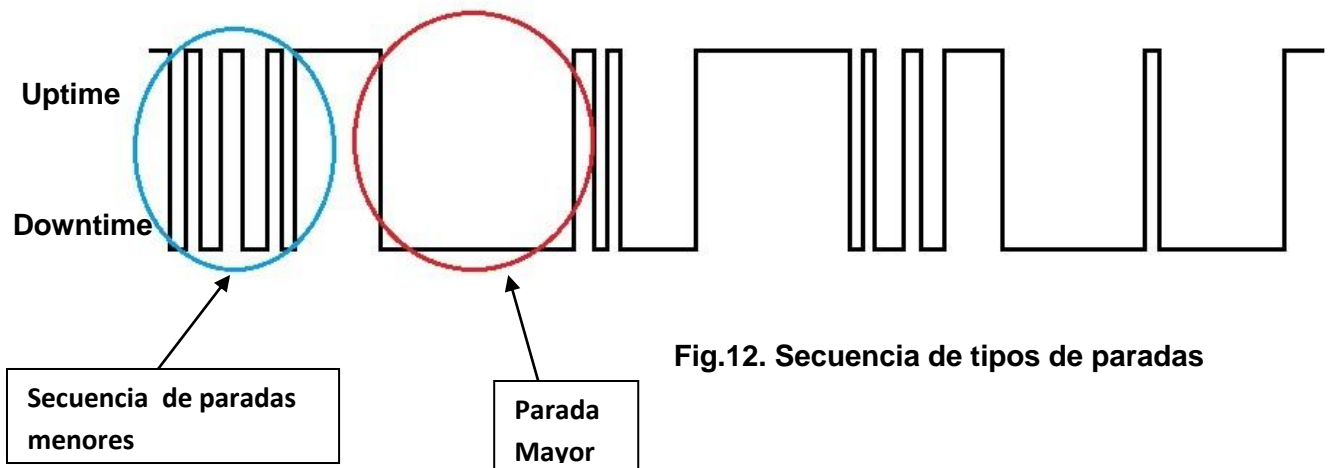
Durante el funcionamiento de una línea en un turno de producción se puede encontrar 4 estados, que afectan directamente en mayor o menor proporción al “OEE” final:

1. Estado “running”: línea en producción.
2. Averías: paros que requieren de la sustitución o reparación de un componente de máquina antes de haber llegado a su vida útil.
3. Paradas mayores: Funcionamiento anómalo de máquina o reducción parcial de su rendimiento, causado por cambios en las condiciones de materiales, condiciones de proceso fuera de límite, que no requiera de la sustitución o reparación de ningún componente de máquina por desgaste prematuro. La parada de la Línea es superior a de 10 min.
4. Paradas menores: paro de la máquina o línea que no requieren de sustitución o reparación de ningún componente de máquina. La parada de la Línea es inferior a 10 min.

Dado que las averías son paros imprevisibles, no forman parte del plan de ataque a la línea de producción.

6.3.2 Secuencia de tipo de paradas

Observemos en la **Fig.12**, el comportamiento de la línea, dónde detectamos paradas menores y paradas mayores que aún no habían sido atacadas:



Nuestro nivel de partida "basal", (en una línea que cumpla con todas las normativas de seguridad y funcionamiento, con todas las revisiones y modificaciones al día, pero que no disponga de ningún sistema de recogida de datos), puede alcanzar un "OEE" medio de un 60 %, o lo que es lo mismo, nos encontrábamos a 25 unidades porcentuales "OEE" de nuestro objetivo final.

6.3.3 Metodología de los 6 pasos: Abordaje de paradas mayores y menores

El objetivo fue aproximarnos el máximo posible a nuestra meta del 85% "OEE", para lo que hicimos un abordaje secuencial, primero de las paradas mayores, que generaban una mayor pérdida de "OEE" y posteriormente las paradas menores.

La línea en pleno proceso de producción, estaba sometida a una serie de paradas imprevistas que generan pérdidas de producción.

Actuaciones a seguir ante una parada mayor:

- 1.1 Identificar la parada según la nomenclatura de referencia, y análisis de su causa.
- 1.2 Conocer cuál o cuáles eran las causas más frecuentes generadoras de paradas.
- 1.3 Estudiar profundamente la causa generadora de la parada: para lo que se dejaba la línea en producción todo el día, y se provocaba el fallo con las diferentes máquinas asociadas (ejemplo: cuando se producía un salto del embrague estrella, porque llegaba un bote tumbado en lugar de vertical, o por estar defectuoso, etc.).

- 1.4 Análisis de las causas, una a una, y abordaje especial de aquellas que tenían un mayor impacto sobre el “OEE”.

Una vez recogida toda la información se llevaba a “sala”, es decir a una reunión procedimentada en la que participaban:

- Jefe de mecánicos
- Representante de los operarios
- “Line líder”
- Responsable del área de referencia
- Jefe de mantenimiento
- Controlador de la línea de producción (ésta era mi responsabilidad).

Con los gráficos actualizados de la situación actual, se debatió y estableció un objetivo numérico de porcentaje de paradas mayores asumibles, a las que se debería llegar en un tiempo determinado, (habitualmente entre una y dos semanas).

- 1.5 Analizar “la causa de las causas”. Se explica mediante un ejemplo ilustrativo (**Fig. 13**): Ante la parada denominada “salto de embrague estrella”, provocada por la existencia de un “bote tumbado”, se comprobaba el por qué de dicha causa: ej. Se había generado por un “error del operario” al introducirlo en la cinta de entrada a la dosificadora.

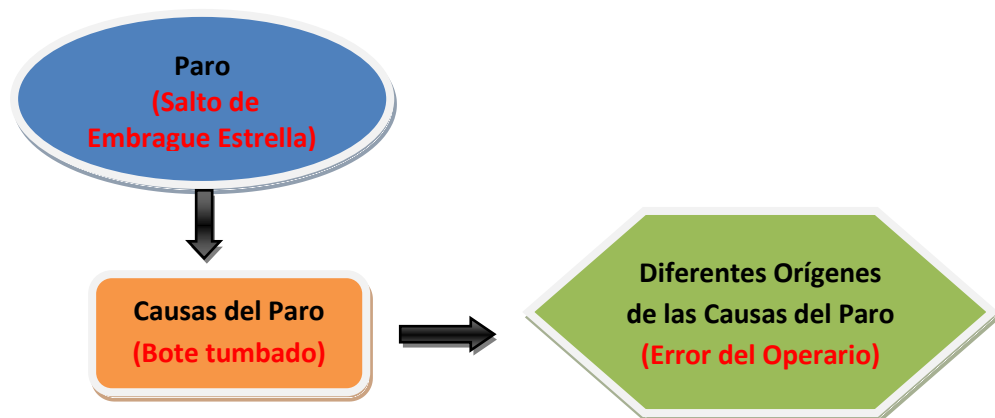


Fig.13. Ejemplo de análisis de causas de las causas

Al identificar que “la causa de la causa” de la parada mayor, era “el momento de introducción del bote por el operario, antes de que entrara en la cinta”, se propuso como solución, la instalación de un sensor que identificara de manera rápida, las condiciones en las que llegaba el bote a la cinta; si llegaba mal, saltaba una alarma y evitaba una parada mayor; afectando tan solo con una parada casi inapreciable, y el operario, en segundos colocaba el bote en condiciones óptimas de entrada en cinta.

- 1.6 De forma sistemática y rigurosa se realizó el abordaje de todas las paradas mayores y de sus causas, con la finalidad de minimizarlas.

Al finalizar el abordaje de las paradas mayores se consiguió una línea prácticamente sin paradas mayores o si las hay, su tiempo se redujo considerablemente.

Así se incrementó el "OEE", hasta alcanzar un 75%.

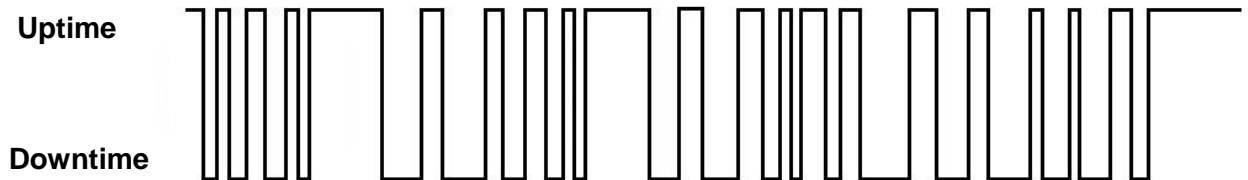


Fig.14. Secuencia de la Línea post abordaje paradas mayores.

Colateralmente al reducir las paradas mayores y/o su tiempo de parada, llevó implícito un incremento del número de paradas menores, porque durante el tiempo que antes la línea estaba inactiva, (por una parada mayor), ahora estaba funcionando más tiempo, con más probabilidades de que se produjeran paradas menores.

Por éste motivo nos encontramos un comportamiento de Línea, con constantes altibajos, como el representado en la **Fig.14**.

Posteriormente y siguiendo la misma metodología, se procedió al ataque de las paradas menores, con el objetivo de acercarnos al objetivo del 85% de "OEE".

6.4 Análisis del sistema de recogida de datos manual

6.4.1 Seguimiento del "OEE"

En el **Gráfico 1**, Podemos observar la evolución positiva seguida, partiendo del 67.3% "OEE" inicial y llegando al 81% del final de diciembre.

Se obtuvo una mejora de casi 14 puntos en un periodo de 6 meses, habiendo superado el "target" propuesto por la empresa en dos ocasiones, tal y como se puede apreciar en los gráficos.

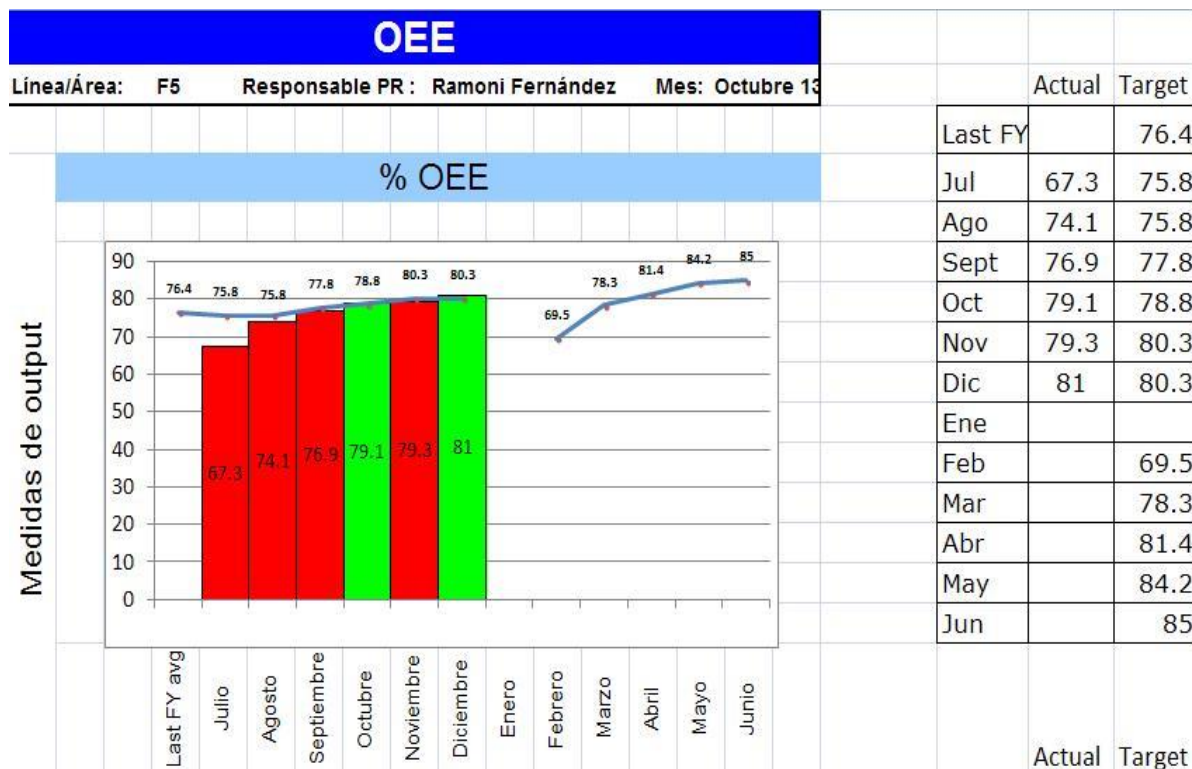


Gráfico 1. Evolución del “OEE”

6.4.2 Evolución del “Unplanned”

En el **Gráfico 2**, podemos observar la mejora producida con el sistema manual implementado, observando el tanto % de imprevistos (“unplanned”), que hubo durante ese mismo periodo, de julio a diciembre en la línea de producción “F5”.

La gran mejoría producida en la línea, hizo que los imprevistos pasaran del 15.4% a un 5.9%; prácticamente 10 puntos menos, acabando el sexto en 6,5, un resultado de 0,6 puntos por debajo del target inicialmente propuesto.

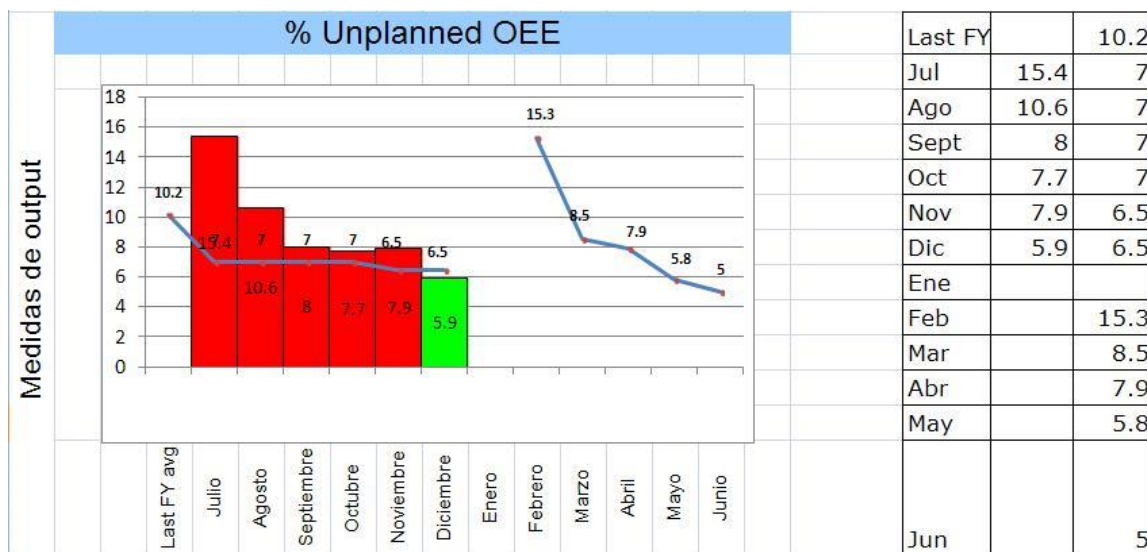


Gráfico 2. Evolución del “unplanned”

Al evaluar los resultados obtenidos, podemos concluir que la metodología seguida y la implementación del sistema de recogida de datos manual, para combatir el bajo “OEE” ha resultado efectivo, consiguiendo los objetivos marcados.

6.4.3 Evolución del “Layout”

A medida que se fue aplicando la metodología del sistema manual de recogida de datos se observa como el rojo ha ido desapareciendo en favor del verde. (**Fig.15**).

Este indicador tuvo como objetivo principal, la motivación de los usuarios que trabajaban a pie de línea (operarios, maquinistas, mecánicos...). Era una manera visual de ver de manera directa la evolución de la línea, substituyendo los “post-its” rojos por los de color verde una vez se le había aplicado al paro, la metodología de los 6 pasos.



Fig.15. Comparación del “Layout” de la Línea pre intervención (izquierda) vs post intervención (derecha)

6.5 Conclusiones

Como conclusiones extraídas del análisis del sistema de recogida manual de datos durante los seis meses de estudio:

- El OEE aumentó 14 puntos más tiempo, con la línea en producción.
- El Unplanned se redujo en 9,5 puntos, menos paradas que se traduce en más productos finales.
- El Layout inicial estaba pintado de rojo por toda la línea, en la instantánea del mismo Layout post intervención, prácticamente esta todo verde.
- Se observa una carga de trabajo muy elevada para los usuarios a pie de línea.
- La probabilidad de error humano por desgaste psíquico-físico es elevada.

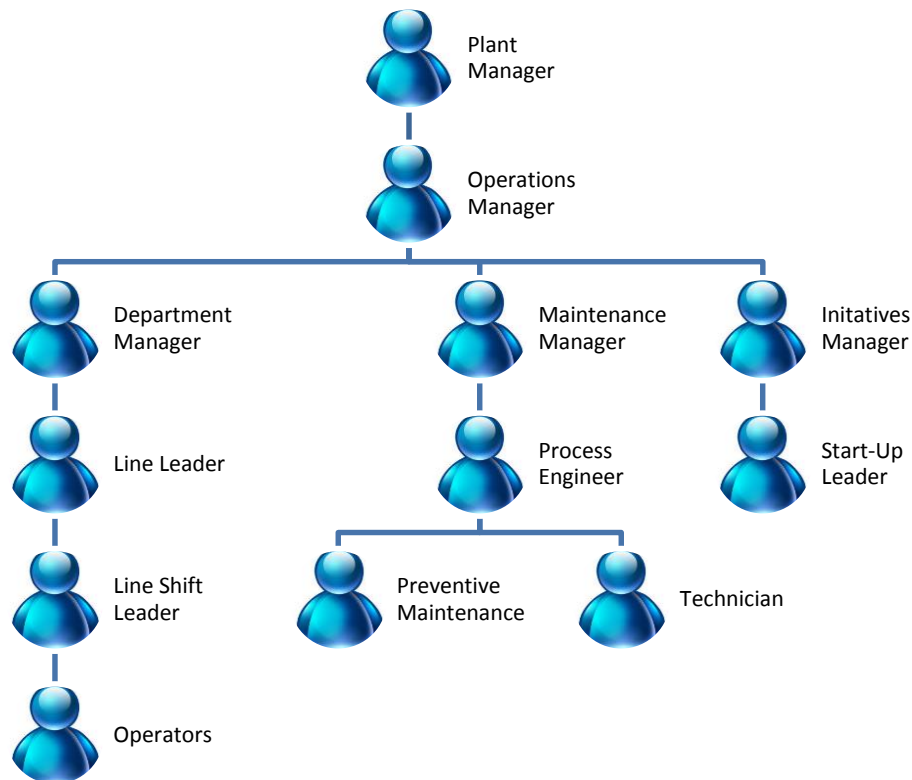
- Se ahorraron costes directamente proporcionales al aumento del OEE.
- La Interacción máquinas-usuarios fue elevada, y consecuentemente había más posibilidades de que se produjeran accidentes laborales.
- El manejo de información de la línea es poco sofisticado, con posible pérdida de información.
- La metodología de eliminación de los paros de larga duración, metodología de los 6 pasos ha sido efectiva.
- Hemos alcanzado la mayoría de los objetivos principales del proyecto, pero por contra, no cumplimos con ninguno de los secundarios, de lo que se desprende la necesidad de proceder a la automatización del sistema de recogida de datos para cumplir con ellos, puesto que con el sistema manual actual nunca sería posible.

7. DISEÑO DEL SISTEMA MES

7.1 Obtención de información previa al diseño del Proyecto

7.1.1 Identificación de los usuarios

En el **Esquema 1**, consta la relación de usuarios de la línea:



Esquema 1. Usuarios de la Línea F5

Procedimiento de identificación de usuarios. Etapas:

1. Se realizó una reunión con la “line leader”, para conocer el número de usuarios de que se componía, los diferentes tipos, cuántos hay de cada tipo y las funciones que desarrollan.
2. Se realizaron visitas a la línea de producción “F5”, en los diferentes turnos (mañana y tarde), para preguntar a cada uno de los operarios, sobre las funciones atribuidas, en qué dimensión están implicados en las posibles paradas, y la participación que tendrían en la implantación de las propuestas de mejora, según la etapa del Proyecto que les correspondiera.
3. Usuarios identificados:
 - Plant Manager: Es el Director de la fábrica. 1 persona para toda la fábrica, en la que ese encuentran en funcionamiento 30 líneas de producción.

- Operations Manager: director de operaciones, 1 persona para el departamento de ambipur y 1 persona para 8 líneas de producción.
- Department Manager: 1 para 8 líneas de producción.
- Maintenance Manager: 1 para 8 líneas de producción.
- Initiatives Manager: 1 para 8 líneas de producción.
- Line Leader i Line Shift Leader: 1 por cada dos líneas de producción.
- Process Engineer i Start-Up Leader: 1 por cada 4 líneas de producción.
- Preventive Maintenance: 1 por cada 2 líneas de producción.
- Technician: un electricista/programador y un mecánico por cada 2 líneas de producción.
- Operators: 1 operador dosificadora, 1 operador emblistadora, 1 operador selladora, 1 operador encajadora y 2 operadores paletizando.

En la línea de producción “F5” funcionaban 10 turnos a la semana, con 2 equipos de profesionales: el equipo A, trabajando el turno de mañana y el equipo B, el turno de tarde.

Tanto el equipo A, como el equipo B, se componían cada uno de 6 operadores, un electricista/programador, un mecánico y un LineLeader.

Los otros roles, PM, PE, start – up..., dan soporte a los dos turnos de trabajo haciendo horario de turno partido.

7.1.2 Necesidades de los usuarios

Para conocer las necesidades de los usuarios, se convocaron reuniones individualizadas con cada uno, para recoger la información más relevante relacionada con sus funciones y valorar su nivel de participación en el Proyecto.

Se pasó un cuestionario, dirigido a todos los usuarios de la línea, para que reflejaran con precisión sus necesidades. Plazo de cumplimentación 1 semana.

Una vez recogida la información de cada usuario y detectadas sus necesidades, se les entregó el listado general final de las necesidades detectadas.

Cada usuario pudo valorar de todas las necesidades detectadas, aquellas que también afectaban a otros usuarios de su línea, así como las que les afectaban a ellos y podrían tenerse en cuenta, para desarrollar el proyecto de mejora en sus actividades específicas.

Se obviaron dos tipos de usuarios:

1. El Director de planta por no estar directamente vinculado con los trabajos de campo en la línea.

2. Los técnicos/programadores, pues no requerían ninguna información directa de la línea, pues solo se encargaban de reparar o programar.

7.1.3 Requerimientos de los usuarios

Obtenida la información, a nivel individual como de los resultados de las encuestas y la información cruzada escrita, sobre las necesidades y elementos imprescindibles que cada usuario requería en su puesto de trabajo, se definieron sus necesidades y por consiguiente sus requerimientos específicos, atendiendo a sus funciones:

A. Line Leader.

Funciones:

Es la máxima jerarquía encargada a pié de línea, responsable del funcionamiento de la misma, para que funcione con el mayor nivel de eficiencia posible; especialmente dedicada a las paradas que se producen.

Requerimientos:

- Disponer de un registro de paros de cada una de las máquinas.
- Conocer qué paros han afectado a la "botleneck" (máquina cuello de botella), cuya consecuencia ha sido la parada de la línea.
- Conocer la duración de los tiempos de cada paro.
- Disponer del número de paros operacionales; es decir, un cambio de marca, un cambio de formato, un cambio de estado de línea...
- Conocer el OEE de la línea.
- Obtener los datos del cálculo MTBF.
- Poder editar los paros, es decir, poder cambiar la denominación específica de la causa productora del paro.
- Tener un informe de las paradas en base a cada turno, a cada día, semana, mes, formato...
- Disponer del diagrama del Pareto de las paradas, en base a turno, día, semana, mes, formato...
- Disponer del cálculo de "Unplanned / Planned", es decir, de las paradas no planificadas, y de las planificadas.

B. Technical Department Manager (TDM).

Funciones:

Es el máximo encargado del mantenimiento técnico de la línea, especialmente dedicado al funcionamiento de toda la maquinaria..

Requerimientos:

- Disponer del cálculo del MTTR.
- Acceder al informe de averías (clasificadas por máquina o estación).
- Disponer del cálculo de "Unplanned / Planned", es decir, de las paradas no planificadas, y planificadas, para incidir en el mantenimiento preventivo.

- Conocer el origen (Root Cause) de la parada.
- Conocer los datos del cálculo MTBF.
- Conocer el OEE de la línea.
- Acceder al registro de paradas de cada máquina.
- Conocer las paradas que han afectado a la “botleneck” (máquina cuello de botella).
- Conocer la duración de cada unos de los paros.
- Disponer de un informe sobre las paradas, clasificadas en base a formatos.

C. Process Engineer (PE).

Funciones:

Es el máximo responsable de detectar y analizar el por qué de las paradas, con el objetivo de eliminarlas, o en su defecto, reducirlas a la mínima expresión. Da soporte al TDM.

Requerimientos:

- Conocer el origen (Root Cause) de la parada y las paradas que han afectado a la “botleneck” (máquina cuello de botella). Necesita conocer la asignación correcta del paro a la máquina causante.
- Obtener los datos del cálculo MTBF.
- Disponer del dato y gráfica MTTR.
- Conocer los datos y gráfica cálculo del Unplanned.
- Disponer de los datos de la velocidad de cada máquina.
- Disponer de los datos y gráficas de las paradas, en la que seleccionando una de ellas, se muestre la hora en que se ha producido, diferenciando por colores, las que han provocado una parada por cuello de botella y las que no.
- Conocer el OEE de la línea por días, turnos, semanas y meses.
- Disponer del cálculo de “Unplanned / Planned”. Visualización por días, turnos, semanas y meses.
- Disponer del informe de averías, clasificado por máquina o estación.
- Poder seleccionar una franja de tiempo determinada, y observar los paros normalizados a 24h.

D. PM Planner.

Funciones:

Es el encargado de planificar el mantenimiento preventivo de la línea de producción para evitar las averías.

Requerimientos:

- Disponer de un informe de las averías, clasificado por máquina o estación.
- Disponer del tiempo medio entre averías, MTTR.
- Conocer las paradas que han afectado a la “botleneck” (máquina cuello de botella)..
- Disponer del registro de paradas por máquina.
- Conocer los datos de la velocidad de cada máquina.

- Obtener los datos del cálculo MTBF.
- Conocer el OEE de la línea.
- Disponer del diagrama del Pareto de las paradas, en base a turno, a día, a semana, a mes, a formato...
- Disponer de los informes en base a turno, en base a día, semana, mes y por formatos.
- Debería tener a su disposición el cálculo de "Unplanned / Planned". Posibilidad de verlo en días/turnos/semanas/mes.
- Disponer del informe de las averías, clasificado por máquina o estación.

E. Operational Department Manager (ODM).

Funciones:

Máximo responsable del departamento de operaciones de un conjunto de líneas de producción.

Requerimientos:

- Conocer el OEE.
- Disponer de los datos del cálculo MTBF.
- Disponer del registro de paradas por cada máquina.
- Disponer del cálculo de "Unplanned" por línea y departamento.
- Disponer del diagrama del Pareto de las paradas, en base a turno, a día, a semana, a mes, a formato...
- Visualizar los resultados del parámetro escogido, en verde o rojo, según se cumple o no el "target" (OEE, "Unplanned"...))
- Disponer de información suficiente para hacer un seguimiento exhaustivo de cualquier parámetro que le pudiera interesar.

F. Operator.

Funciones:

Es el trabajador que se encuentra a pie de línea y cuyas funciones son aquellas que conlleven cualquier interacción básica y directa con las diferentes máquinas que forman la línea, para el buen funcionamiento de la misma.

Requerimientos:

- Conocer las paradas que han afectado a la "botleneck" (máquina cuello de botella).
- Disponer de un informe de las paradas de cada estación para identificar la carga del operario y centrar esfuerzos en eliminar las paradas más frecuentes, y realizar un seguimiento después de hacer una modificación / mejora, para evaluar si ha sido efectiva.
- Disponer del MTBF para conocer la carga que tiene el operario y la disponibilidad para realizar otras tareas, mientras la máquina está en marcha.
- Disponer de un MES editable, para identificar y registrar las paradas, en su caso, con otro nombre. (Por ejemplo, si una parada se debe a la acumulación en salida de máquina por un bote atascado, el MES indica la acumulación en

salida de máquina, pero al operario le conviene poder editar esa parada, pudiendo especificar si ha sido debida al bote atascado, o por otra causa).

- Necesitará que el MES guarde el código del producto que se está produciendo, para ver si las paradas pasan en todos los códigos o solo en alguno de ellos.
- Necesitará que el MES le proporcione los gráficos de paradas (Paretos, diagrama de barras, timeplot...) para visualizar e identificar con facilidad dónde están las pérdidas de línea y del equipo.

7.1.4 Normativa⁶

En este proyecto el marco legal que le compete es el de la integración de un sistema de control o automatización de un proceso manufacturero. Cualquier otro tipo de marco legal que no sea éste, queda fuera del alcance del proyecto.

El proyecto se rige por la norma ISA-95.

ISA-95 es un estándar internacional que facilita la integración de las funciones empresariales y los sistemas de control en empresas de manufactura. Fue desarrollada por ISA (International Society of Automation) en el año de 1990, con el fin de reducir el riesgo, el coste y los errores que van de la mano con la implementación de interfaces entre dichos sistemas (funciones empresariales y sistemas de control).

También se ha de tener en cuenta las Normas OSHAS 18001 y 18002 (Occupational Health and Safety Assessment Series, Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional) que hacen referencia a una serie de especificaciones sobre la salud y seguridad en el trabajo para cada empleado y empleador.

7.2 Diseño básico del Proyecto

Los requerimientos de los usuarios de la línea sirven de referencia para diseñar el Proyecto según los requerimientos objetivados, al contactar con las diferentes compañías proveedoras.

El Proyecto debe dar respuesta a las necesidades básicas detectadas:

- Registro de paros de cada máquina de la línea, para ver qué equipos / zonas, tienen más carga y más capacidad potencial de mejora, con la finalidad de centrar los esfuerzos en eliminar las paradas más frecuentes e introducir las correcciones, haciendo un seguimiento de las acciones de mejora realizadas, en base a la secuencia modificación / mejora, y analizar si ésta ha sido realmente efectiva.
- Las causas que han generado la parada de la línea, referidas al cuello de botella (BottleNeck).
- Los tiempos de cada una de las paradas.

⁶ ANSI/ISA-95.00.03, Enterprise-Control System Integration- Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management, 2013

- El número de "paradas operacionales" (cambio de marca, cambio de formato, cambio de estado de línea).
- El cálculo del rendimiento (OEE), posibilidad de verlo en turno, día, semana, mes.
- El cálculo y gráfico del MTBF (tiempo medio entre paradas), posibilidad de visualizarlo por turno, día, semana, mes; para conocer qué carga tiene el operario y qué disponibilidad para realizar otras tareas mientras la máquina está en marcha (controles de calidad, descansos, comidas...).
- La opción para poder elegir un informe de todos los fallos en base a turno, en base a día, en base a semana, en base a mes.
- Disponer de la opción gráfica / visual (Pareto, diagramas de barra, "timeplot"...) de las todas las paradas en base turno, día, semana y mes.
- Disponer del cálculo y gráfico del "Unplanned Downtime" (UPDT)/"Planned Downtime" (PDT), tiempos de paradas no planificadas y si planificadas.
- Tener una clasificación por cada uno de los distintos formatos en los que trabaja la línea.
- Disponer del cálculo y gráfico del MTTR (tiempo medio en reparar) posibilidad de verlo en turno, día, semana, mes.
- Reportar el tiempo de las averías (clasificado por máquina o estación).
- Disponer del "Root Cause" de la parada.
- Disponer del dato y gráfica cálculo real de velocidad de cada máquina.
- Disponer del dato y gráfico de las paradas (poder seleccionar una parada y que muestre en qué horas se han producido, diferenciando por "color", las que han provocado paro del cuello de botella y las que no).
- Los paros deberían salir normalizados a 24h, en las paradas, al seleccionar una franja de tiempo.
- Se deberían visualizar los resultados en verde o rojo según se cumple o no el target.
- Se debería tener la posibilidad de editar, para identificar paros con otro nombre. Por ejemplo, si un paro es de acumulación en salida de máquina por bote atascado, el sistema indica que hay acumulación en salida de máquina, pero al operario le conviene poder editar ese paro y especificar, por ejemplo, si se trata de un bote atascado, o ha sido consecuencia de otra causa.

- Se debería poder guardar el código del producto en proceso de producción, para observar si las paradas se producen con todos los códigos, o solo con alguno de ellos.

El diseño básico se mostró a las diferentes empresas candidatas, detallando el significado de cada requerimiento, para su mejor comprensión y limitar al máximo posible el margen de error humano.

7.3 Proceso de selección de la empresa proveedora del Sistema MES

7.3.1 Ingeniería de compras: Empresas candidatas

El departamento de compras se encargó de la elección de las empresas proveedoras candidatas.

Como requisito previo se consideró la necesidad de contactar con aquellas empresas que tuvieran mayor experiencia en la implantación del sistema MES.

Para ello se contactó con las 6 empresas proveedoras que disponían del sistema MES entre su principal cartera de servicios, y que contaban con un mayor prestigio y grado de experiencia a nivel internacional.

A partir de ahora las denominaremos, empresa proveedora número 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

7.3.2 Criterios de evaluación. Ofertas recibidas

Se aplicaron tres criterios eliminatorios:

1. Primer criterio: valorar el coste económico, fijando un límite presupuestario máximo de 58.850 euros.
2. Segundo criterio: Prestaciones ofrecidas por las empresas candidatas.
3. Tercer criterio: Presupuestos de las prestaciones extras.

7.3.2.1 Presupuestos

Principales partidas incluidas dentro del presupuesto total de las empresas candidatas:

1. La nueva configuración debido al nuevo layout de la línea: al crear una línea nueva compuesta por máquinas provenientes de las antiguas líneas y la introducción de nueva maquinaria, es preciso realizar una nueva configuración del software de la línea indicando que máquinas se reutilizan, cuales se eliminan y cuales son de nueva adquisición, así como el cambio de nombre de la línea.
2. El Pre-Test en la misma empresa: comprobar el correcto funcionamiento del software a través del propio server de la empresa.

3. El Test de señales de la línea mediante una VPN conexión: Testear señales antes de desactivar la configuración antigua para dar paso a la nueva. En P&G, en plena fase de producción de la línea será necesario ir testeando cada una de las señales que serán transferidas a MES. A la vez un ingeniero de MES de la empresa proveedora irá dando apoyo a la comprobación de señales vía conexión VPN (virtual private network).
4. Nuevos contadores: requerimos de la colocación de contadores ubicados estratégicamente para poder calcular el OEE o diferentes parámetros que requieran un conteo.
5. Performance Monitoring (Monitorización en tiempo real de la producción): definición y obtención del OEE, edición de eventos, órdenes de trabajo...
6. Las condiciones generales propuestas por cada empresa: **son** aquellas condiciones que cada empresa externa pide para el correcto desarrollo de su trabajo.
7. Servicios de contratistas externos a la empresa elegida: **cualquier** servicio o trabajador externo a P&G y a la compañía proveedora, que se requiera.
8. Gastos Viajes: todo tipo de gasto vinculado con los desplazamientos de los trabajadores de la empresa proveedora a P&G, transportes, alojamientos, comidas...
9. Ratio de precios por trabajador de cada empresa candidata (+ % según cuándo y cuántas horas extras necesitan): **salarios** de los trabajadores establecidos por cada una de las empresas candidatas, dependiendo de si trabajan dentro del horario establecido, si trabajan fuera de ese horario y si además se trata de un día festivo o no, de ahí que haya un porcentaje que varíe en función de la combinación entre horas normales y horas extras, y en qué día las han realizado.

COMPARATIVA DE PRESUPUESTOS EMPRESAS EXTERNAS:

Empresa	1	2	3	4	5	6
Nueva configuración Layout Línea	4 766 €	4 854 €	5 345 €	3 945 €	4 830 €	4 336 €
Pre-Test	325 €	645 €	425 €	550 €	430 €	425 €
Test con VPN	1 346 €	1 755 €	1 655 €	1 529 €	1 754 €	1 125 €
Nuevos Contadores	455 €	875 €	855 €	936 €	678 €	700 €
Performance Monitoring	1 730 €	1 456 €	1 745 €	1 815 €	2 235 €	1 765 €
Condiciones Generales	700 €	1 400 €	940 €	400 €	330 €	600 €
Servicios/Contratistas Externos	5 965 €	6 455 €	7 135 €	6 630 €	7 573 €	6 667 €
Viajes	2 100 €	2 100 €	2 100 €	2 100 €	2 100 €	2 100 €
Honorarios Trabajadores Proveedora	27 100 €	26 850 €	28 225 €	24 000 €	26 645 €	22 800 €
SUBTOTAL	44 487 €	46 390 €	48 425 €	41 905 €	46 575 €	40 518 €
Margen (10%)	4 448.70 €	4 639.0 €	4 842.50 €	4 190.50 €	4 657.50 €	4 051.80 €
SUBTOTAL + Margen (10%)	48 936 €	51 029 €	53 268 €	46 096 €	51 233 €	44 570 €
IVA (21%)	10 276 €	10 716 €	11 186 €	9 680 €	10 759 €	9 360 €
TOTAL EMPRESA CON IVA	59 212 €	61 745 €	64 454 €	55 776 €	61 991 €	53 929 €
Límite MAX Presupuestario= 53 500€ +10% Maniobra	>= 58 850 €	> 58 850 €	> 58 850 €	< 58 850 €	> 58 850 €	< 58 850 €
Acción Final	Asumible	Descartado	Descartado	Aceptado	Descartado	Aceptado

Analizadas las partidas y presupuesto final de las seis empresas candidatas, las dividimos en tres grupos según:

- Las que encajan con el presupuesto límite marcado por P&G, y siguen en proceso de selección: proveedores 4 y 6.
- No encajan con el presupuesto límite y quedan descartados: proveedores 2, 3 y 5.
- El presupuesto recibido sobrepasaba el límite marcado, pero al ser muy pequeña la diferencia, sigue como candidato: proveedor 1.

7.3.2.2 Prestaciones ofrecidas

La elección final vendrá determinada por el máximo número de necesidades cumplidas por cada una de las empresas proveedoras 1, 4 y 6.

Empresa	Registro de paros de cada máquina de la línea	Causas parada de la línea (Bottleneck)	Tiempos de los paros	Marcador Paros Operacionales	Cálculo rendimiento OEE	Cálculo y gráfico del MTBF	Report de todos los fallos en base a un periodo de tiempo	Opción gráfica de todas las paradas	Cálculo y gráfico del UPDT y el PDT	Σ
1	C	C+	C	Cd	C	Cg	Cd+	P	Pm	4 de 9
4	C	C	C	Cd	C	C	Cd+	Cd+	Cd+	8 de 9
6	C	C	C	C	C	Cg	Cd+	P	Pm	6 de 9

Empresa	Clasificación de los paros por formato de línea	Cálculo y gráfico del MTTR	Report averías clasificadas por máquina o estación	Root Cause de las paradas	Cálculo y gráfico de la velocidad real por máquina	Editar dato y gráfico de paradas	Paros Normalizados a 24 horas	Colorear Resultados según si cumple o no el Target	Guardado Automático del código en producción	Σ
1	Cd*	Pg	Cd*	Cv	Pg	Cv	C	C	Pa	6 de 9
4	Cd*	Cd*	Cd*	Cv	Pg	Cv	-	C	Pa	6 de 9
6	Cd*	Pg	Cd*	Cv	Pg	Cv	-	C	Pa	5 de 9

Tablas comparadas, según prestaciones cumplidas por cada empresa

- C:** Cumplen totalmente con la necesidad con solo un parámetro/variable para su detección y análisis.
- C+:** Cumple totalmente con la necesidad pero requiere de más de un parámetro/variable para su detección y análisis.
- Cd:** Cumple totalmente con la necesidad pero requiere de un desplegable manual para quedar marcado.
- Cg:** Calcula el parámetro, pero no realiza el gráfico.
- Cd+:** Cumplen totalmente con la necesidad con un desplegable a seleccionar según el periodo que se quiera consultar.
- Cd*:** Cumplen totalmente con la necesidad con un desplegable a seleccionar según formato, máquina o estación.
- Cv:** Cumplen totalmente con la necesidad, con un marcador visual en el caso del Root Cause y con un desplegable en el caso del editor de paros.
- P:** Cumple parcialmente con la necesidad, pues se listan las paradas en una hoja de cálculo pero es necesario hacer la gráfica manualmente.
- Pm:** Cumple parcialmente con la necesidad, hace el cálculo pero las paradas UPDT y PDT se listan en una hoja de cálculo pero es necesario hacer la gráfica manualmente.
- Pg:** Cumple parcialmente con la necesidad, hace el cálculo pero no el gráfico.
- Pa:** Cumple parcialmente con la necesidad, guarda el código pero no automáticamente.
- :** No cumple con la necesidad, pues no normaliza los paros a 24 horas.

Resumen prestaciones de cada empresa respecto a las 18 iniciales que forman el diseño básico:

- El Proveedor 1 es el que menos cumple (10 de 18) y es la única de las tres proveedoras que se excede del presupuesto límite, quedando descartada.
- El Proveedor 4 (14 de 18), es con diferencia el candidato que más prestaciones cumple de primeras, pero es 1800 euros más cara que el Proveedor 6 (11 de 18), por lo que deberemos analizar los presupuestos extras de incorporar el resto de prestaciones a las 11 y 14 iniciales de cada candidata respectivamente y entonces nos podremos decantar por una, pero no antes.

7.3.3.3 Presupuestos prestaciones extras

A. Estado Inicial Proveedor 4:

- Prestaciones: Cumple 14 de las 18. No cumple: Marcador Paros Operacionales, Cálculo y gráfico de la velocidad real por máquina, Paros Normalizados a 24 horas y Guardado Automático del código en producción.
- Presupuesto: 55 776€

B. Estado Inicial Proveedor 6:

- Prestaciones: Cumple 11 de 18. No cumple: Cálculo y gráfico del MTBF, Opción gráfica de todas las paradas, Cálculo y gráfico del UPDT y el PDT, Cálculo y gráfico del MTTR, Cálculo y gráfico de la velocidad real por máquina, Paros Normalizados a 24 horas y Guardado Automático del código en producción.
- Presupuesto: 53 929€.

C. Diferencias estados Iniciales proveedor 4 y 6:

- Prestaciones que cumple el Proveedor 4 y no cumple el Proveedor 6: Cálculo y gráfico del MTBF, Opción gráfica de todas las paradas, Cálculo y gráfico del UPDT y el PDT, Cálculo y gráfico del MTTR.
- Prestaciones que cumple el Proveedor 6 y no cumple el Proveedor 4: Marcador Paros Operacionales.
- Prestaciones en común que no cumplen: Cálculo y gráfico de la velocidad real por máquina, Paros Normalizados a 24 horas y Guardado Automático del código en producción.
- Diferencia presupuestaria del Proveedor 4 vs Proveedor 6: 55 776 € - 53 929 € = 1 847 € extras para el Proveedor 6.

D. Estado Final Proveedor 4:

- Prestaciones: Cumple 18 de 18
- Presupuesto prestaciones extra:

Honorarios Trabajadores Proveedora	4 857 €
Pre-Test	150 €
SUBTOTAL	5 007 €
Descuento por fidelidad (-20%)	-1 001 €
SUBTOTAL-Descuento	4 006 €
IVA (21%)	841 €
TOTAL	4 847 €

E. Estado Final Proveedor 6:

- Prestaciones: Cumple 18 de 18
- Presupuesto prestaciones extra:

Honorarios Trabajadores Proveedora	12 511 €
Pre-Test (Gratuito)	0 €
SUBTOTAL	12 511 €
Descuento por fidelidad (-10%)	-1 251.1
SUBTOTAL-Descuento	11 260 €
IVA (21%)	2 364.579
TOTAL	13 624 €

F. Resumen total diferencias entre proveedor 4 y 6:

- Ambos cumplen las 18 necesidades iniciales.

- Presupuesto final Proveedor 4:
Inicial: 55 776 €
- Prestaciones extras: 4 847 €
- Presupuesto final Proveedor 6:
Inicial: 53 929 €
- Prestaciones extras: 13 624 €

60 623€

67 553€

El proveedor que mejor se ajusta es la empresa proveedora número 4.

Se asume una desviación presupuestaria de 1 773 €, que se rentabilizará con los máximos beneficios estimados de 6 millones de euros.

7.4 Sistema MES Final

El Sistema MES final una vez programadas las cuatro prestaciones que no cumplía la oferta inicial recibida por la candidata 4 se denominó Propack Data PMX Visual MES. Debido a la confidencialidad de la empresa no se puede describir ni detallar en qué consiste este sistema. (Ver Anexo 4 para ver un resumen).

8. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA “MES”⁷

8.1 Identificación de Acciones necesarias

Antes de iniciar el plan de implementación se identificaron las acciones o etapas necesarias a seguir para la optimización del desarrollo del plan.

El departamento de ingeniería de la empresa P&G junto con el equipo de la empresa proveedora fueron convocados a varias reuniones en las cuales se decidieron las etapas de la implementación del Sistema MES, así como el cronograma a seguir durante la duración de la misma.

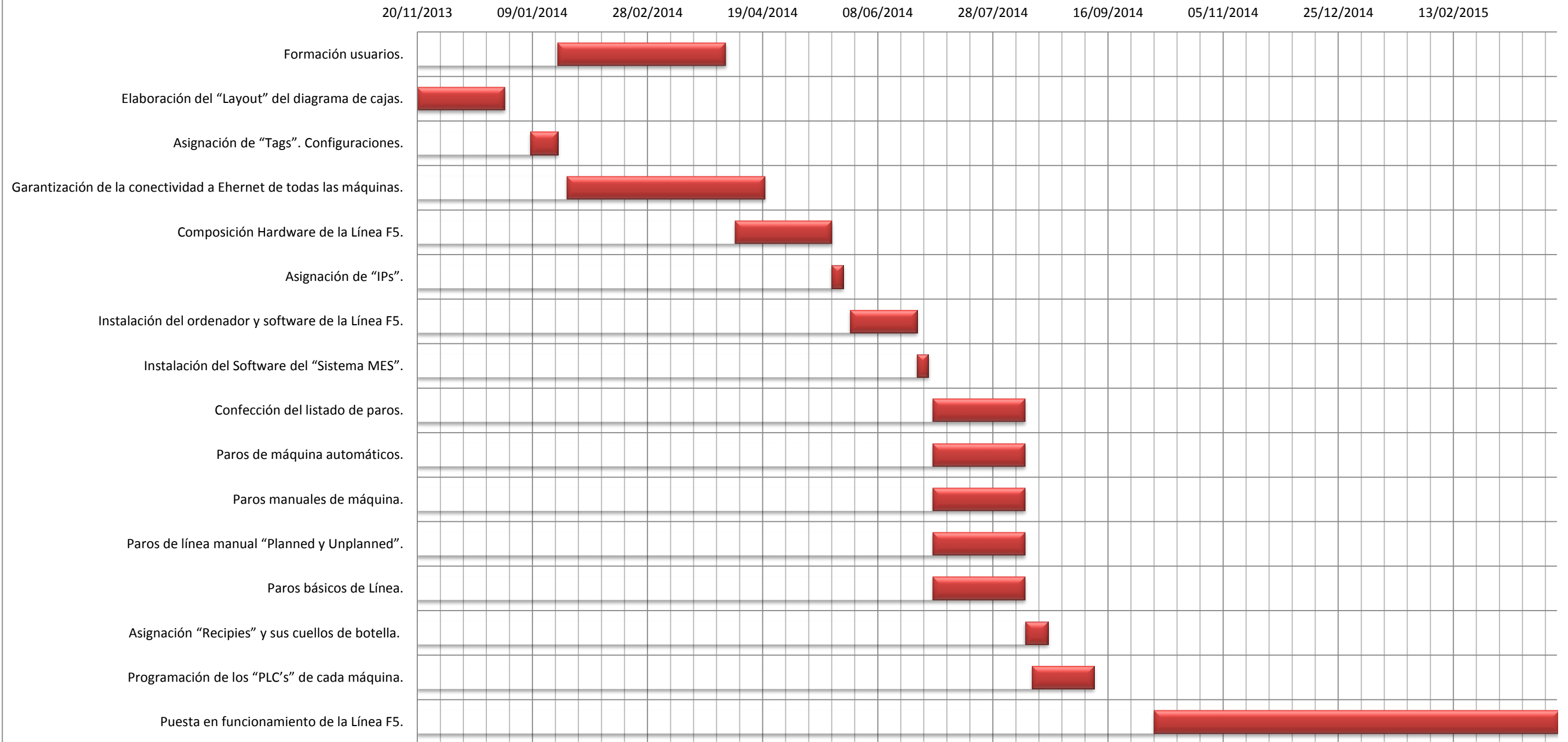
Listado de acciones:

- Formación usuarios.
- Elaboración del “Layout” del diagrama de cajas.
- Asignación de “Tags”. Configuraciones.
- Garantización de la conectividad a Ethernet de todas las máquinas.
- Composición Hardware de la Línea F5.
- Asignación de “IPs”.
- Instalación del ordenador y software de la Línea F5.
- Instalación del Software del “Sistema MES”.
- Confección del listado de paros.
- Paros de máquina automáticos.
- Paros manuales de máquina.
- Paros de línea manual “Planned y Unplanned”.
- Paros básicos de Línea.
- Asignación “Recipies” y sus cuellos de botella.
- Programación de los “PLC’s” de cada máquina.
- Puesta en funcionamiento de la Línea F5.

⁷ Metodología propia de la empresa P&G

8.2 Cronograma de actuación

Cronograma Implementación del sistema MES



	Puesta en funcionamiento de la Línea F5.	Programación de los "PLC's" de cada máquina.	Asignación "Recipies" y sus cuellos de botella.	Paros básicos de Línea.	Paros de línea manual "Planned y Unplanned".	Paros manuales de máquina.	Paros de máquina automáticos.	Confección del listado de paros.	Instalación del Software del "Sistema MES".	Instalación del ordenador y software de la Línea F5.	Asignación de "IPs".	Composición Hardware de la Línea F5.	Garantización de la conectividad a Ethernet de todas las máquinas.	Asignación de "Tags". Configuraciones.	Elaboración del "Layout" del diagrama de cajas.	Formación usuarios.
Fecha Inicio	06/10/2014	14/08/2014	11/08/2014	02/07/2014	02/07/2014	02/07/2014	02/07/2014	02/07/2014	25/06/2014	27/05/2014	19/05/2014	07/04/2014	24/01/2014	08/01/2014	20/11/2013	20/01/2014
Duración	176	27	10	40	40	40	40	40	5	29	5	42	86	12	38	73

8.3 Formación de usuarios

El plan de formación se solapó en parte con el de implementación, pues cuando arrancara la línea con el nuevo sistema todos los usuarios de la línea deberían conocer los diferentes aspectos técnicos que alberga el nuevo sistema.

Los cambios tecnológicos introducidos en la línea F5, nos obligan a la actualización permanente de los profesionales en nuevos conocimientos, que les facilitará una mayor competencia profesional.

El objetivo fundamental era formar a todos los profesionales de la línea que intervienen en el proyecto y fue planificada en función de las necesidades generales de los profesionales que integraban la línea.

Cada tipo de usuario recibió un entrenamiento, "trainee" adecuado a su función en la línea, para adquirir los conocimientos necesarios y poder desempeñar su trabajo con garantías de éxito.

Se planificaron dos tipos de "trainee": "Trainee" General y "Trainee" Específico.

"Trainee" General:

Indiferentemente de la función del usuario, fue recibido por todos los usuarios de la línea F5, desde el operario de línea, mecánicos, maquinistas, lineleader, programadores, y todos los cargos de oficina implicados en la línea, hasta llegar al jefe de operaciones de la planta.

Duración: de 90 a 120 min, dividido en dos partes:

1. Una parte de simulacro real con la línea en funcionamiento,
2. Otra parte de dudas y aclaraciones.

Se hicieron 4 ediciones para 20 operarios cada una; los grupos fueron reducidos para la mejor interrelación y aprendizaje. Estuvo centrado en todas las acciones que se podían realizar desde el ordenador central a pie de línea:

- Cambio de códigos de producción.
- Eliminación de códigos de producción.
- Edición de paros automáticos.
- Edición de paros manuales, donde incluyen todos los "Planned".
- Activación de los diferentes recursos de línea.
- Generación de los diferentes tipos de "reports" en base a un periodo de tiempo determinado y filtrado por máquinas, recursos y estaciones en el caso de la emblistadora.
- Control de las conexiones de las diferentes máquinas que están conectadas al MES.
- Finalización del turno con el estado: Sin Carga.
- Reinicio del MES para un nuevo turno.

“Trainee” Específico:

Dirigido a responsables del buen funcionamiento del MES en su línea: “lineleader” y jefe de mantenimiento. También asistieron el resto de cargos pues en muchas ocasiones deben cubrirse entre ellos y por lo tanto deben desarrollar también éstas acciones.

Por su complejidad, al tratar de aspectos muy específicos y técnicas, se desarrollaron previamente unos tutoriales, para facilitar el seguimiento de la explicación a los usuarios. Se llevo a cabo en grupos de dos personas, y se impartieron 11 ediciones.

Consta de ocho partes:

- Activar los reports a SAP.
- Añadir o Editar Eventos.
- Añadir Usuario.
- Cambiar OEE y Bottleneck.
- Cambio de tiempos de los paros.
- Definir el Input Starved y el Output Blocked.
- Editar Online en Bizware.
- Arrancar Softlogic.

En el anexo 5 se pueden consultar los 8 tutoriales utilizados para la formación y entrenamiento realizado.

8.4 Elaboración del “Layout del diagrama de cajas

En el primer paso en la implementación del Sistema MES se analiza cómo quedará conectada la línea.

En el **diagrama 1**, se muestran las máquinas que están conectadas a MES:

- Ambas insertadoras.
- Ambos orientadores.
- Ambas llenadoras.
- Ambos “depuckers”.
- La emblistadora.
- La etiquetadora.
- La encajadora.

El resto de máquinas no tendrá conexión al Sistema MES, ya que no disponen de “Programmable Logic Controller” (PLC) propio.

Interpretación de la conexión de la Línea:

- Punto rojo: se encuentran dos contadores de producto, (a la salida de las dos llenadoras):
 - El que cuenta el número de botellitas rellenas y taponadas (producto intermedio).
 - El que registra el número de cajas de producto acabado al final de la línea.

- Triángulos amarillos: donde se focaliza el inicio el “Downtime Tracking”, es decir, el seguimiento exhaustivo de todos los paros de esa zona, listándolos para resolverlos de la manera más rápida y eficiente posible, para subir el OEE de la línea.
- Rectángulo naranja: es un contador de rechazos, (carece de situación definitiva), se deben analizar los lugares de la línea donde se pueden producir rechazos del producto acabado. Debe haber más de un contador de rechazo puesto que se deben medir varios parámetros que causen el rechazo del producto, como:
 - Un peso indebido.
 - Una mala posición del código de producto por parte de la etiquetadora.
 - Un sellado insuficiente por parte de la encoladora del interior de la encajadora.
- Rectángulos violetas: son las ubicaciones de la línea donde se puede hacer “Scrap”, donde se recoge el producto que hasta ese punto se ha formado para reutilizarlo en pruebas futuras que pueda necesitar la línea, ya sea por mejoras en la línea que requieran de pruebas previas o para solucionar una avería en la línea. Se encuentran en todas las posiciones de la línea, pues se necesita tener el producto en todas las diferentes situaciones de la línea.
- Círculos con un “uno” en el medio: son contadores de material. Tienen la misma función que los contadores de producto. Existen dos tipos:
 - Los de las botellas iniciales que entran a la línea.
 - Los de tapones puestos a botellas dentro de la llenadora.
- Flechas: indican la dirección del proceso de producción de cada unas de las partes que forman la línea.
- Dos grandes rectángulos discontinuos: engloban en un caso toda la línea (azul) y en otro parte de ella (verde). Ambos forman los recursos posibles de la línea, es decir, las dos posibles configuraciones de producción que existen en la línea:
 1. La azul, se denomina F5_DOSEMB y da significado a la utilización de todas las máquinas para esta configuración de producción.
 2. La verde se denomina F5_DOS y viene referida a la utilización de una sola parte de la línea, formada por una insertadora, un orientador, un codificador, una llenadora, un depucker y una pesadora de botellas.

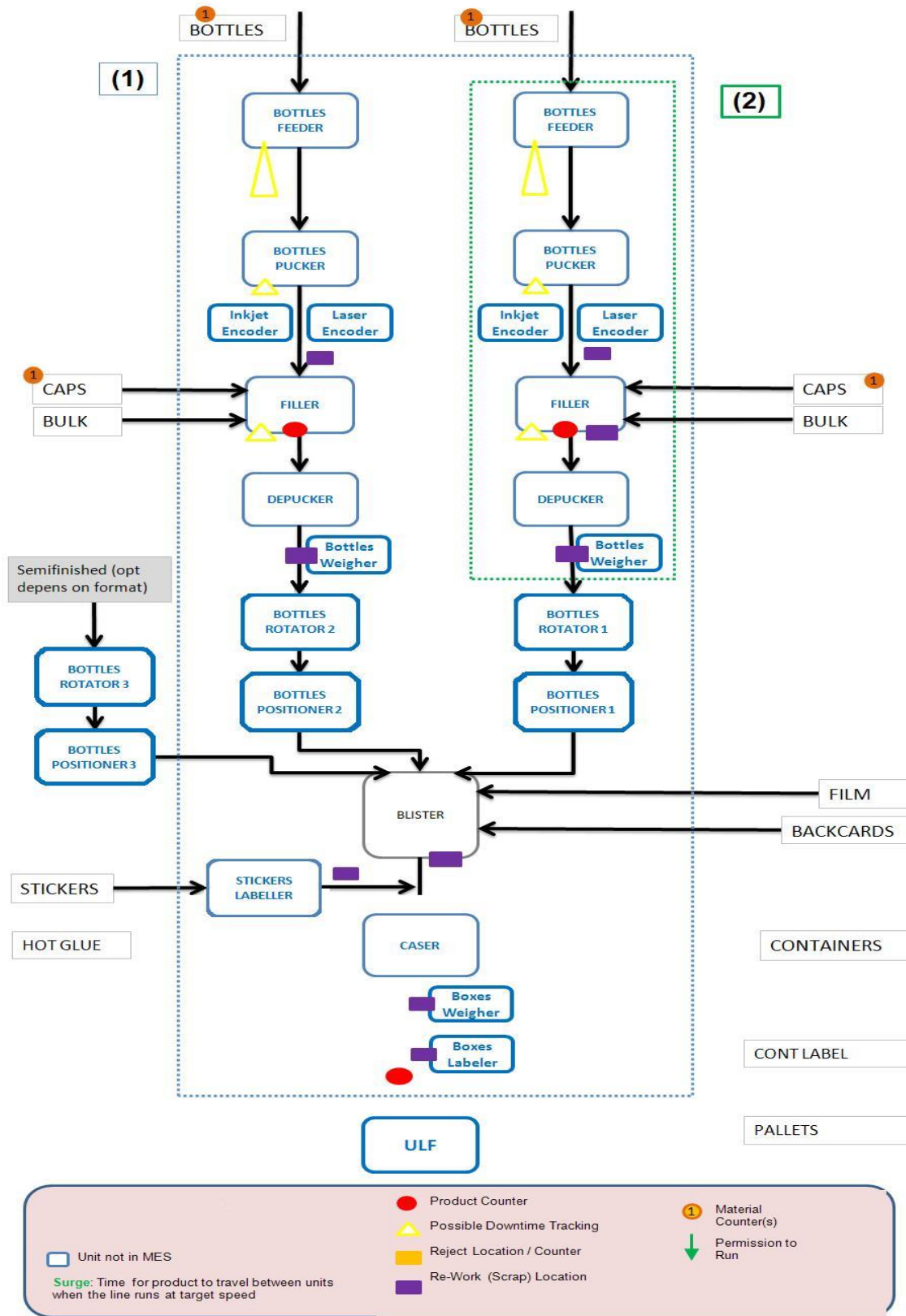


Diagrama 1. "Layout" del diagrama de bloques.

8.5 Asignación de “Tags”. Configuraciones

La **tabla 1**, resume, de los dos recursos de línea, los “tags” asignados a cada una de las máquinas de la Línea. Las que se encuentran en **negrita**, son las que van conectadas al Sistema MES.

Área	Line	Área machines		Tags
F5	F5_DOS F5_DOSEMB	LOADER	Insertador	F5_M010
		CODER	Codificador	F5_M011
		PUCKER	Orientador	F5_M020
		FILLER	Llenadora	F5_M030
		DEPUCKER	Depucker	F5_M040
		BOTTLE CHECKWEIGHER	Pesadora Botellas	F5_M041
	F5_DOSEMB	LOADER	Insertador	F5_M210
		CODER	Codificador	F5_M211
		PUCKER	Orientador	F5_M220
		FILLER	Llenadora	F5_M230
		DEPUCKER	Depucker	F5_M240
		BOTTLE CHECKWEIGHER	Pesadora Botellas	F5_M241
		BLISTER	Emblistadora	F5_M050
		DISTRIBUTOR	Distribuidor	F5_M060
LABELER		Etiquetadora	F5_M070	
CASE PACKER		Encajadora	F5_M080	
CHECKWEIGHER	Pesadora de cajas	F5_M090		
BOX LABELLER	Etiquetadora cajas	F5_M100		

Tabla 1 “Tags” asignados.

8.6 Garantizar conectividad Ethernet

El departamento de dispositivos electrónicos será el encargado de la instalación y del mantenimiento del cableado de la línea de tal manera, que todas las máquinas que requieran conexión al sistema MES estén previstas de cables Ethernet para garantizar la conexión PLC-servidor.

A diferencia de la antigua planta de Santiga las conexiones PLC-servidor se hacían vía wifi, mediante checkpoints, que recogían la información de las antenas de los PLC'S y las transferían al servidor.

En la nueva Línea F5 de Mataró se cambiará todo el sistema de conexiones para evitar los fallos que ocasionaba el wifi.

8.7 Composición Hardware de la Línea F5

Una vez garantizada la conexión Ethernet, se procederá a conocer el hardware interno de la línea, de aquellas máquinas que reportaran información al servidor.

Las once máquinas (**Tabla 2**) estarán conectadas al MES mediante sus PLC's y sus respectivas marcas de fabricación y de control con las que se trabaja. No se puede precisar los modelos de cada una de las máquinas, ni de cada PLC's, por tratarse de información de carácter reservado, (según la política de confidencialidad de empresa).

	Máquina	Marca/Modelo	Control (Marca/Modelo)
F5	Insertador 1	Mengibar	PLC Omron
	Orientador 1	Mengibar	
	Llenadora 1	Mengibar	
	Depucker 1	Mengibar	
	Insertador 2	Mengibar	PLC Omron
	Orientador 2	Mengibar	
	Llenadora 2	Mengibar	
	Depucker 2	Mengibar	
	Emblistadora	Illig HSA	PLC Allen Bradley
	Etiquetadora	SINEL	PLC Allen Bradley
	Encajadora	Samovi	PLC Omron

Tabla 2. Máquinas conectadas al MES por PLC's

8.8 Asignación de "IPs"

El siguiente paso, consistirá en la asignación de las IP's a cada una de los PLC's de la línea (**Tabla 3**), con la finalidad de acceder a ellos mediante un computador, conectados directamente a ellos, o de forma remota.

F5	Line PC	HMI	155.123.33.240
	M010	LD (PLC Omron)	155.123.33.241
	M020	PCK (PLC Omron)	155.123.33.242
	M030	LLE (PLC Omron)	155.123.33.243
	M040	DPCK (PLC Omron)	155.123.33.244
	M210	LD (PLC Omron)	155.123.33.245
	M220	PCK (PLC Omron)	155.123.33.246
	M230	LLE (PLC Omron)	155.123.33.247
	M240	DPCK (PLC Omron)	155.123.33.248
	M050	EMBL (PLC Allen Bradley)	155.123.33.249
	M070	ETIQ (PLC Allen Bradley)	155.123.33.250
	M080	ENC (PLC Omron)	155.123.33.251

Tabla 3. Asignación de IP's a los PLC's.

8.9 Instalación del ordenador y software de la Línea F5

Para poder llevar un buen control de la línea se necesitará instalar un ordenador con software básico a pie de la misma, con la finalidad de facilitar:

- Las actividades a todos los operarios que estén trabajando en ese turno.
- Al usuario que requiera realizar cualquier estudio o análisis de los “reports” que a tiempo real esté detectando el MES, o por cualquier reparación, prueba o mejora que se esté llevando a cabo en la línea.

8.10 Instalación del ordenador y software del “Sistema MES”

Se trata de la instalación del sistema más importante del Proyecto: el MES. El sistema denominado “Propack Data PMX Visual MES”:

La instalación del sistema se llevará a término por tres grupos diferentes de trabajo:

- Los programadores e informáticos de la misma empresa Procter & Gamble Mataró.
- Un programador externo especializado en PLC’s Omron y Allen Bradley a su vez conectado con la empresa proveedora elegida.
- Y por último los programadores de la empresa proveedora del Sistema MES intervendrán vía control remoto desde Holanda.

El conjunto de intervinientes elaborarán y facilitarán un resumen de la instalación MES, a modo tutorial, para que P&G lo pueda tener a su disposición.

El resumen técnico, de gran complejidad y contenido extenso se adjunta como anexo al Proyecto. (Ver anexos 6).

Por política de confidencialidad de la empresa, el contenido de los anexos no constan algunas partes específicas del proceso de instalación.

8.11 Confección listado de paros

En ésta etapa se confecciona el listado de paros de cada máquina para que una vez programada podamos observar y conseguir la mejora prevista.

8.11.1 Paros de máquina automáticos

Fase I: Para listar los paros de cada máquina se contactó previamente de manera consecutiva con cada una de las marcas de las diferentes máquinas que componen la línea que reportará al MES:

Mengibar: para Insertadores, Orientadores, Llenadoras y Depuckers,
Illig para la emblistadora.
Sinel para la etiquetadora.
Samovi para la encajadora.

El objetivo es conocer en qué posiciones de sus máquinas se hallan los diferentes sensores, que más tarde se programarán y a los que se asignarán los diferentes paros existentes en cada máquina. Estos sensores ya se encontraban instalados en las diferentes máquinas, para realizar cualquier tipo de estudio inteligente que la empresa compradora necesitara; en nuestro caso, la detección de paros y su reporte al MES.

Fase II: se confeccionarán los paros que los sensores deberían marcar una vez programados los PLC's de cada máquina, según consta en el anexo 7.

8.11.2 Paros manuales de máquina:

El resto de máquinas a las que no afecta la implantación del Sistema MES, no quedan fuera del estudio de la productividad de la línea F5 y son:

- Codificador Laser.
- Codificador de Tinta.
- Pesadora de Botellas.
- Distribuidores de Botes.
- Pesadora de Cajas.
- Etiquetadora de Cajas.
- Paletizador.

Éstas máquinas también tienen sus respectivos listados de paros, (anexo 7) pero en este caso se diferencian por ser paros manuales, no automáticos; es decir, el operario al detectar que el paro que MES reporta, no coincide con el que hay exactamente en la línea, deberá seguir la línea buscando el “root cause” hasta encontrar el paro original causante del paro que aparece en pantalla; de forma que editará el paro manualmente (a través del ordenador central instalado a pie de línea), donde encontrará un desplegable de paros manuales de las máquinas no automatizadas, y elegirá el paro que mejor se adecúe a lo sucedido.

8.11.3 Paros de Línea manual “Planned y Unplanned”

Además de los paros de cada máquina, existen otras situaciones diferentes, son los denominados paros de línea, que clasificamos en “Unplanned Downtime” (UPD) y “Planned Downtime”(PD). Estos paros también están listados y se deben editar manualmente por un operario desde el ordenador central instalado a pie de línea. (Ver anexo 7)

8.11.4 Paros básicos de Línea:

Son aquellos que indican:

- Si la línea no produce, porque aparece el mensaje: Sin Carga. Se trata de un paro manual, que se edita al acabar la producción, desde el ordenador central a pie de línea.
- Si la línea está en producción y no detecta ninguno de los paros listados anteriormente, aparece el mensaje: “Running”. Se trata de un paro automático, donde, si ningún sensor detecta paros y la línea se encuentra produciendo un código de producto; en éste caso automáticamente saltará el mensaje.

8.12 Asignación “Recipies” y sus cuellos de botella

Las diferentes “recipies” (**Tabla 4**) de la línea son los diferentes formatos que se pueden producir:

- **F5R4X2TWIN:** Las dos llenadoras rellenan las botellas del mismo producto (TWIN, viene referido a que son gemelas en contenido del producto), que la emblistadora agrupa las botellas de dos en dos para su emblistado y que la encajadora agrupa los blíster salidos de la emblistadora de cuatro en cuatro para cerrar la caja.
- **F5G4X2FLL:** En este caso las llenadoras rellenan las botellas con productos diferentes (FLL, se refiere a que cada una hace un producto distinto), y emblistadora y encajadora hacen la misma función que en el caso anterior.
- **F5RP4X3BRT:** En esta recipie se incorpora un carril más de botellas entre llenadora y emblistadora, pues en el layout del diagrama de cajas de la línea, existe la opción de utilizar un tercer carril sin llenadora y con un operario colocando botellas ya producidas anteriormente en otro turno o día. En éste caso nos encontramos que las dos llenadoras y las botellas colocadas por el operario, contienen el mismo producto (BRT, que se refiere a “brothers”, por contener el mismo producto), la emblistadora agrupará las botellas de tres en tres, que le llegan por los tres carriles a la vez, y por último la encajadora agrupa el producto que sale de la emblistadora de cuatro en cuatro para cerrar la caja.
- **F5CP6X3FULL:** Esta es la “recipie” con la que obtenemos el producto acabado más grande y complejo. Trata de productos diferentes en las dos llenadoras, así como en las botellas colocadas en el tercer carril por el operario (FULL, de ahí su distintivo, cada una diferente), la emblistadora agrupa las botellas de tres en tres, y la encajadora agrupa de seis en seis los blísteres salidos de la emblistadora.
- **F5L1SNG:** Es la “recipie” más sencilla, ya que solamente se utiliza para hacer producto intermedio, es decir, cuando se produce con el recurso F5_DOS y no hay más opción que producir un único producto; además no utiliza ni emblistadora, ni encajadora. Esta “recipie” puede ser la previa de la F5RP4X3BRT o de la F5CP6X3FULL, ya que se producen botellas sueltas de un producto en concreto que luego podrán ser las que se coloquen en el tercer carril durante la producción de las dos “recipies” antes mencionadas.

		Recursos	
		F5_DOSEMB	F5_DOS
Recipies	F5R4X2TWIN	Llenadora	/
	F5G4X2FLL	Llenadora	/
	F5RP4X3BRT	Llenadora	/
	F5CP6X3FULL	Llenadora	/
	F5L1SNG	/	Llenadora

Tabla 4. Cuellos de botella según “recipie”

Al hablar de cuellos de botella siempre nos referimos a una sola máquina, la llenadora.

- Es la única línea de las diez existentes en Ambipur, donde una única máquina es cuello de botella en todas las “recipies”.
- La razón es debida a la tecnología de las llenadoras respecto a la emblistadora: Las llenadoras vienen de las antiguas líneas, con bastantes años de trabajo, por tanto y carecen de las tecnologías modernas. La emblistadora es nueva y la capacidad de trabajo y velocidad de actuación es superior a la de las 2 llenadoras. Respecto a la encajadora, la diferencia radica en que a pesar de ser de la misma generación tecnológica, las llenadoras producen de uno en uno, mientras que la encajadora empaqueta botellas de 8 en 8; de 12 en 12, o ide 18 en 18, dependiendo del formato producido, de ahí que las llenadoras sean las más lentas y las que bajan la velocidad de la línea.

Esto hace que en muchos momentos de la producción la emblistadora está parada, a la espera de recibir botellas de la llenadora; y todavía en más ocasiones la encajadora está parada a la espera de recibir los blísteres producidos por la emblistadora.

Son aspectos que impiden una mayor eficiencia de la Línea. Para conseguirla, se deben cambiar las llenadoras por otras tecnológicamente más avanzadas, pero lo impiden su elevado coste y el límite presupuestario fijado para el Proyecto. No obstante queda registrada como intervención prioritaria en futuras acciones de mejora.

El tiempo que permanecen paradas la emblistadora y la encajadora no se consideran paros, sino que quedan en standby, a la espera de recibir el material necesario para poder activarse. Estos tiempos standby no repercuten en el OEE de la línea, porque la máquina que marca el 100% de la producción de un turno, es la llenadora.

8.13 Programación de los “PCL’s” de cada máquina

Se procederá a programar cada uno de los 11 PLC’s de las máquinas que se conectan al MES.

Acción 1: Se necesitará pedir permiso en las reuniones del departamento de producción y operaciones, para poder planificar un tiempo concreto, con la línea a merced nuestra, para hacer la programación y pruebas pertinentes, y ser considerado como “Planned Downtime”.

Acción 2: Una vez autorizado, no se necesitará a ningún trabajador de la empresa proveedora del Sistema MES, porque el mismo programador de GDO Electric que participará en la instalación del MES, se encargará de hacer las programaciones con la ayuda de un equipo formado por:

- Operarios que forzarán los paros que se irán programando en la línea.
- Un mecánico o maquinista que supervisará las acciones de los operarios, al forzar los paros, para evitar dañar el buen funcionamiento de la línea.
- Y yo, que simultáneamente comprobaré en tiempo real a través de un ordenador, las señales que el servidor reciba del PLC donde se esté llevando a cabo la programación, confirmando si el sensor que marca es el correcto o no.

La programación de los PLC’s se diferenciará según si se trata de Omron o de Allen Bradley:

- Los PLC’s Omron se programarán directamente a través del software CX-One Programmer, programa ya utilizado en otras líneas de la empresa.
- Los Allen Bradley requerirán de un Driver OPC Server, para comunicar MES, directamente con ellos.

8.14 Puesta en funcionamiento de la Línea F5 y resultados Sistema MES

Durante los tres primeros meses de 2014 se produjo el traslado e instalación de la nueva línea en Mataró, y se avanzaba en el proyecto de implementación del sistema MES.

En Abril de 2014 comenzó a ser operativa la nueva línea F5 de Mataró sin la mejora implantada, utilizando hasta entonces el mismo sistema de recogida de datos manual que se hacía en la factoría de Santiga.

Hasta Septiembre 2014, la línea funcionó con el sistema manual de recogida de datos, tiempo necesario para tener totalmente implementado el Sistema MES en la línea.

La línea F5 automatizada con el Sistema MES, arrancó por primera vez el 6 de octubre de 2014, (turno de mañana 7:00 am).

Evolución de la línea en el tiempo. Etapas:

Etapa I: Resultados en la factoría de Santiga. (Tabla 5)

Esta primera parte ya la vimos en los resultados post-intervención del sistema manual de recogida de datos. Se consiguió aumentar el OEE de la línea en casi 14 puntos, y disminuir los Unplanned en casi 10 puntos.

	jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	nov-13	dic-13
	F5	F5	F5	F5	F5	F5
Planned	17.3	15.3	15	13.2	12.8	13.1
Unplanned	15.4	10.6	8	7.7	7.9	5.9
OEE	67.3	74.1	77	79.1	79.3	81
SANTIGA MANUAL						

Tabla 5. Evolución Indicadores los 6 primeros meses en Santiga

Etapa II: Traslado e inicio de producción en la nueva Línea F5 de Mataró. (Tabla 6)

	ene-14	feb-14	mar-14
	F5	F5	F5
Planned	Parada por transporte e instalación		
Unplanned			
OEE			

Como consecuencia de la parada técnica de la línea F5 en Santiga (de manera temporal) para su desinstalación, traslado a Mataró y tiempo de instalación de la nueva F5.

	abr-14	may-14	jun-14	jul-14	ago-14	sep-14
	F5	F5	F5	F5	F5	F5
Planned	11.9	12.8	13.5	14.1	12.2	11.8
Unplanned	37.2	33.1	27.7	25.5	23.6	21.4
OEE	50.9	54.1	58.8	60.4	64.2	66.8
MATARÓ MANUAL						

Tabla.6. Evolución Indicadores 6 primeros meses en Mataró.

Etapa III: El inicio de la nueva F5 en abril 2014, tuvo muchos fallos técnicos de ahí que los Unplanned fueran muy elevados y por consiguiente el OEE fuera muy bajo.

Durante los seis meses donde la nueva línea siguió funcionando manualmente, se fue depurando poco a poco, pero los resultados, eran muy inferiores a los conseguidos en Santiga.

Recordar que todavía no se había integrado en la Línea F5, ni la emblistadora, ni la encajadora. Por la complejidad de la emblistadora, con la recogida de datos manual, fue imposible alcanzar un OEE del 67%.

El sistema de recogida manual puede llegar a ser eficiente en líneas cortas, pero que al añadir las nuevas máquinas, solo con la automatización del sistema de recogida de datos se podía ser mucho más eficaz y eficiente.

9. Evaluación del Sistema MES

Los resultados post implementación Sistema MES en la Línea F5 los podemos observar en la **Tabla 7**.

El inicio fue complicado a pesar de tener controlado el mayor número de imprevistos; entre fallos de programación y desconocimiento del funcionamiento, el primer mes solo se pudo alcanzar un OEE de 60%.

El primer mes fue declarado transitorio, y se utilizó como referencia para establecer un punto de partida de la línea, a partir del cual, mejorar de manera continua para alcanzar los objetivos previstos.

Pasado el primer mes, rápidamente el sistema fue incrementando el OEE, y a los 3 meses de funcionamiento ya batió el máximo OEE registrado en la línea llegando al 81,6 %, como se observa en la tabla. Mes a mes se observa la evolución positiva de los tres indicadores.

Con el sistema MES en funcionamiento, el incremento experimentado en el OEE alcanzó el 84.7%, cifra que catapultaba a la línea F5, al grupo selecto de líneas que la compañía P&G designa como "+85", un distintivo que honra a la empresa y a los operarios de esa línea.

Todas las mejoras se produjeron gracias al buen mantenimiento y a la excelente mejora continua de la línea que posteriormente se comenta.

	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15
	F5	F5	F5	F5	F5	F5	F5
Planned	15.2	11.1	9.5	9.8	10	9.5	8.8
Unplanned	24.5	12.7	9.2	8.6	7.9	7.1	6.5
OEE	60.3	76.2	81.3	81.6	82.1	83.4	84.7
	Inicio MES						Final Proyecto
MATARÓ MES							

Tabla 7. Evolución Indicadores Post implantación Sistema MES

10. Plan de Mejora Continua y Mantenimiento

Una vez implementado el sistema MES en la línea de producción F5, tomamos como base para la realización del plan de mejora continua y de mantenimiento, el ciclo de mejora continua de la calidad.

Realizada toda la operativa mencionada, conocidas las bases conceptuales y metodológicas, partimos de la evaluación de los resultados obtenidos, para cerrar el ciclo de mejora y comenzar uno nuevo.

De la evaluación de los resultados, identificamos:

1. Aspectos del Proyecto que han funcionado adecuadamente y el nivel de objetivos alcanzados, según lo previsto.
2. Aquellos que no han funcionado (puntos débiles) susceptibles de nuevas intervenciones y acciones de mejora.

Siguiendo las pautas del Ciclo de mejora continua (**fig.8**), desplegamos las siguientes Fases:

1. Evaluación de la marcha de la Línea F5, post implantación Sistema MES. Punto de partida (Resultados):

	oct-14
	F5
Planned	15.2
Unplanned	24.5
OEE	60.3
	Inicio MES

2. Identificación de problemas y oportunidades de mejora :

Utilizaremos aquellas herramientas que nos dan información más relevante, basada en la opinión de los profesionales, utilizando métodos cualitativos (subjetivos, basados en percepciones) y cuantitativos (objetivos, numéricos).

- Métodos cualitativos:
 - Grupo nominal de Delbecq:
Plantearemos una pregunta y los participantes realizarán una lista individual de problemas observados. (*¿Si de vosotros dependiera el 100% del éxito de la línea, que cosas cambiaríais o qué incorporaríais, tanto en las acciones que cubre vuestra función, como en la del resto de profesionales?*).
 - Se realizarán 2 sesiones, con un período de reflexión para la priorización individual. Nos permitirá hacer partícipes a todos los profesionales de la línea, con experiencia diversa, para que expresen sus opiniones, recogiendo todas las ideas.
 - Comunicaciones del profesional (*problem report*):
Para obtener información a partir de la percepción directa del profesional que está involucrado en el proceso. Todo aquello que detecte cualquier

profesional de la Línea, lo notifica (mediante un circuito de recogida, análisis y respuesta – siempre por escrito–) a través de una hoja específica de comunicación de oportunidades de mejora.

Contenido de la hoja de comunicación de problemas del profesional:

- Definición del problema identificado:
 - ¿A qué profesionales afecta?
 - ¿Qué posibles causas influyen en el problema?
 - ¿Qué posibles soluciones intuyes en el problema?
 - Profesional:
 - Fecha:
-
- Escucha activa:
Para recoger opiniones, reclamaciones y sugerencias orales de los profesionales realizadas durante el proceso productivo. Los profesionales explican en plena actividad laboral, de forma espontánea sus percepciones y problemáticas que eran recogidas en una hoja de registro.
 - Observación activa:
De manera no reglada un observador cualificado visita las diferentes zonas de la línea de producción, para observar los problemas que tienen los profesionales durante su trabajo, recogiendo la información relacionada con aspectos de mejora

3. Creación del grupo de mejora de la calidad :

En el Grupo de Calidad, de carácter multidisciplinar participan los profesionales de la línea que intervienen en las diferentes etapas del proceso productivo. Está formado por 5 personas (y por mí, como responsable del Proyecto):

- LineLeader
- Jefe de turno
- Portavoz operarios
- Jefe de mecánicos
- Responsable de mantenimiento
- Responsable del Proyecto

Dinámica del Grupo de mejora de calidad:

- Se realizarán reuniones semanales ordinarias los lunes de 8 a 10 h, y todas aquellas de carácter extraordinario, cuando haya un tema urgente que tratar.
- Objetivo fundamental: valorar la marcha del Sistema MES, y el funcionamiento en su conjunto de la línea de producción F5.
- Análisis de los problemas surgidos y/o detectados.

- Proponer nuevas intervenciones y acciones de mejora, utilizando la metodología del ciclo de mejora continua.

Se utilizará la filosofía del Ciclo de eficacia grupal:

- Liderando, consensuando y coordinando los objetivos en la línea F5, a corto y medio plazo.
- Definiendo las acciones de mejora a implementar, para lograr los objetivos, teniendo en cuenta sus ventajas e inconvenientes.
- Facilitando los recursos necesarios para que los operarios puedan realizar adecuadamente sus funciones.
- Aplicando los cambios acordados para la mejora y realizando un seguimiento sistemático.
- Utilizando la innovación como elemento básico en la mejora., fomentando la creatividad y potencialidad de los profesionales.
- Introduciendo la cultura del “benchmark”, aprendiendo de las mejores prácticas, valorando la posibilidad de compararnos con otras estructuras de la organización, para ahorrar recursos y prevenir errores que otros ya han experimentado.
- Definiendo cómo llevar a cabo la ejecución del plan de acción, en base a:
 - * Definir actividades.
 - * Asignar responsables.
 - * Delimitar períodos de tiempo para su realización.
 - * Establecer indicadores de control.
 - * Documentar todo el trabajo realizado.

Se establecerá un sistema de comunicación para que los acuerdos adoptados sean difundidos de forma rápida y efectiva al resto de operarios de Línea, utilizando como canal fundamental los paneles informativos de la línea, los correos electrónicos de los profesionales implicados y la convocatoria de sesiones informativas que sean necesarias.

4. Análisis de las causas que originan las disfunciones:

Nos centraremos en conocer las más frecuentes, y aquellas de mayor trascendencia en el funcionamiento de la Línea.

Tipologías de las disfunciones encontradas, según su origen:

- Debidas al profesional: por falta de conocimientos o habilidades, que solucionaremos mediante la formación general y específica necesarias.

- Derivadas de la organización interna: por anomalías en las estrategias internas, protocolos y procedimientos, distribución de funciones y responsabilidades, o circuitos organizativos establecidos. Suelen ser las más frecuentes y más sencillas de solucionar.
- Ocasionadas por la falta de recursos de la empresa: su abordaje dependerá de las posibilidades de la empresa; porque condicionará su abordaje y solución. Es el caso de alguna de la maquinaria, que por su elevado coste no se podrá sustituir.

Para el análisis de las causas utilizaremos dos herramientas, que responden a las preguntas: ¿qué está fallando?, ¿dónde? y ¿cómo lo sabemos?

- El diagrama causa – efecto de Ishikawa:

Nos servirá para desplegar una gran cantidad de información sobre los problemas detectados, identificando de forma estructurada sus causas o factores contribuyentes, agrupándolos en las diferentes categorías.

Una vez desplegado se escogerán las causas que ha erradicar, o las acciones de mejora a poner en marcha.

- El diagrama de flujos:

Nos aportará la secuencia detallada de cada uno de los pasos del proceso productivo. Visualizará cómo, cuándo y quién lo realiza, y dónde se produce cada paso específico; para identificar puntos conflictivos y oportunidades de mejora. Se estudian desde el inicio al final del proceso todos sus pasos intermedios, eliminando aquellos innecesarios. (Ver Diagrama 1).

5. Priorización de las nuevas acciones de mejora. Intervenciones:

Utilizaremos dos métodos:

- La ordenación simple: del listado obtenido de posibles mejoras, las ordenamos, según se consideren más a menos prioritarias.
- Comparación por parejas: Nos servirá para reducir a un número menor los problemas identificados y priorizarlos. Compararemos cada problema con todos los demás. La situación escogida en más ocasiones es la más prioritaria.

6. Implementación de las mejoras seleccionadas (Intervención):

Para el seguimiento de la intervención utilizamos una tabla Excel para crear un diagrama de Gantt. En una primera columna colocamos las acciones a realizar, en la segunda columna el responsable de la acción y en la tercera el plazo para su realización; seguida de una matriz que represente un calendario, donde se irá reflejando el estado del proyecto de mejora.

7. Monitorización y evaluación continua de los resultados obtenidos:

Con la monitorización periódica de los indicadores, identificaremos de forma objetiva el nivel de mejora alcanzado.

Mediremos los resultados de forma sistemática y continuada, a través de indicadores, obteniendo resultados cuantificables y objetivos.

Utilizaremos los 3 indicadores que abarcan las actividades fundamentales del proceso de producción:

- OEE
- Planned
- Unplanned

11. PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO

- **Principales partidas de la empresa proveedora:** Euros
- La nueva configuración debido al nuevo layout de la línea..... 3 945
- Comprobar el correcto funcionamiento del software a través del propio server de la empresa..... 550
- El test de señales de la línea mediante una VPN conexión..... 1 754
- Colocación de contadores ubicados estratégicamente para calcular el OEE o diferentes parámetros que requieran un conteo..... 678
- Performance Monitoring (Monitorización en tiempo real de la producción): definición y obtención del OEE, edición de eventos, órdenes de trabajo..... 2 235
- Las condiciones generales propuestas por la empresa proveedora..... 330
- Servicios de contratistas externos a la empresa elegida..... 7 573
- Intendencia: gastos viajes, vinculados a desplazamientos de los trabajadores de la empresa proveedora a P&G, alojamientos..... 2 100
- Ratio de salarios de los profesionales de la empresa proveedora, según horas extras normales y extras necesarias..... 26 645
- Subtotal: 41 905
- Margen 10%: 4 657
- IVA 21%: 9 680
- Total: 55 776
- **Partidas extras por las 4 prestaciones requeridas, no contempladas inicialmente por la empresa proveedora:**

Honorarios Trabajadores Proveedora	4 857 €
Pre-Test	150 €
SUBTOTAL	5 007 €
Descuento por fidelidad (-20%)	-1 001 €
SUBTOTAL-Descuento	4 006 €
IVA (21%)	841 €
TOTAL	4 847 €

- **Partidas internas P&G:**

- Honorarios del Project Manager Internship de P&G
- Hardwares y Licencias de las que no se hace cargo la empresa

A: Hardwares y Licencias	1 550
B: Honorarios Project Manager (400 horas x 30 euros /hora)	12 000
Gastos Generales (15% de A+B)	2 032,5
SUBTOTAL INTERNO	15 582,5
IVA 21%	3 272,3
TOTAL INTERNO con IVA	18 854,8

- **Presupuesto final Proyecto:**

- | | |
|---|------------|
| 1. Prestaciones empresa proveedora: | 55 776 € |
| 2. Prestaciones extras empresa proveedora: | 4 847 € |
| 3. Partidas externas a la empresa proveedora: | 18 854,8 € |

Presupuesto total: 79 477,8 €

12. IMPACTO AMBIENTAL

El Proyecto genera de forma colateral un impacto ambiental favorable y sostenible en diferentes aspectos:

1. A nivel de la cadena productiva:
 - La implantación de una Sistema de automatización de recogida de datos, lleva consigo una mayor eficacia en el producto final, como consecuencia de la existencia de un menor número de paradas de la Línea de producción, lo que se traducirá en una disminución significativa de consumo energético.
 - A nivel de prevención de riesgos laborales, la automatización en la recogida de datos, lleva consigo un menor cansancio de los trabajadores y consecuentemente, se reduce el riesgo de producirse accidentes laborales.
 - La mayor eficiencia de la Línea de producción F5, posibilitará la reordenación de los turnos de los empleados.
 - Asimismo obtendremos un mayor número de productos finales, que reúnan los requisitos de calidad exigidos, lo que evita rechazar los productos anómalos, cuya consecuencia directa, es un menor consumo de materias primas y la producción de un menor número de residuos a reciclar.
 - Con la implementación del Sistema MES, también se genera un ahorro en el consumo de papel, puesto que todos los datos son tratados de manera telemática.

2. A nivel de proceso de transporte y comercialización de los productos elaborados:
 - Una Línea de producción más eficiente, afectará favorablemente al número de transportes tanto de entrada de materia prima, como de salida de productos elaborados.
 - La comercialización de los productos será más eficiente, al transportar una mayor cantidad de productos finales y se podrá disminuir el número de salida de camiones, trenes de mercancías y buques de carga, a los lugares destino del producto.
 - Ésta circunstancia genera en los dos casos, de manera concomitante, una menor contaminación del medio ambiente, y un mayor ahorro de energético por la disminución del consumo de combustibles.

CONCLUSIONES

1. La implementación del Sistema de automatización de recogida de datos en la Línea de producción F5, ha conseguido en 6 meses de funcionamiento:
 - Incrementar el tiempo productivo de la Línea F5, con un incremento asociado de la producción y un aumento del número de productos finales con mayores garantías de calidad.
 - Disminuir el trabajo de los operarios y aumentar su confortabilidad laboral, obteniendo unos buenos resultados, minimizando las probabilidades del error humano y evitando accidentes laborales.
 - Ahorrar costes directamente proporcionales al aumento del OEE.
 - Facilitar el manejo de toda la información de la línea, disminuyendo el tiempo empleado en la eliminación de los paros.
 - Obtener un beneficio por incremento de la producción de aproximadamente 6 millones de euros al año, cuando se alcance y mantenga el objetivo OEE del 80 – 85%.
2. Los indicadores de resultados mostraron un importante incremento en la eficacia y eficiencia de la Línea de producción F5 :
 - Incrementando en un 24% el índice OEE, pasando de un 60,3% inicial a un 84,7.
 - Reduciendo el Planned de un 15,2 a 8,8.
 - Reduciendo el Unplanned del 24,5 al 6,5%.
3. En éstos seis meses de funcionamiento se ha conseguido introducir a la línea F5, dentro del primer tercio de productividad y rendimiento de todas las Líneas de P&G existentes a nivel mundial.

AGRADECIMIENTOS

Mi especial agradecimiento y consideración a los profesores, tutores del Proyecto, M. Margarita González y Abel Zahínos, por haberme guiado y enseñado a desarrollar y perfeccionar la metodología y estructura del Proyecto, en todas y cada una de sus dimensiones.

Mi reconocimiento a Pol, tutor de la Procter & Gamble, por haber confiado en mí y ofrecerme la posibilidad de participar en un Proyecto tan atractivo, motivador y de gran responsabilidad; así como por facilitarme las herramientas y recursos necesarios para hacerlo operativo.

Mi gratitud especial a todos los operarios de la Línea de producción F5 de la Compañía P&G de Santiga y Mataró; fundamentales en el desarrollo y éxito del Proyecto; que ha podido ver su luz, gracias al esfuerzo y profesionalidad de todos y cada uno de ellos; que directa o indirectamente han sido partícipes y son responsables de alcanzar las metas y objetivos previstos.

Finalmente mi agradecimiento a la Compañía Procter & Gamble, que me ha dado la oportunidad de trabajar, aprender y responsabilizarme del desarrollo de un Proyecto tan motivador, con la tecnología de producción más avanzada.

BIBLIOGRAFÍA

ANSI/ISA-95.00.03, Enterprise-Control System Integration- Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management, 2013.

Dyer, Davis, Dalzell, Frederick, Olegario Rowena. Procter & Gamble. Los 165 años de P&G construyendo marcas. Ediciones Granica,S.A. Barcelona: 2005.

Hansen, R. Overall Equipment Effectiveness, Paperback, 2011.

Guía Docente Teórica de la Metodología para la Elaboración de Proyectos de Ingeniería. UPC. Barcelona: Pág.1 – 180.

Juran JM, Gryma FM, Bringham JR Conceptos básicos. Editores. Manual de control de la calidad. Reverté; Barcelona: 1990.

Kletti, Jürgen. Manufacturing Execution System-MES, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.

<http://tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/62/1/GuiaMetodologicaSistemaIntegradoGestionDeCalidad.pdf>.

[http://domino.automation.rockwell.com/applications/gs/emea/GSEMEA.nsf/files/J02MES.pdf/\\$file/J02MES.pdf](http://domino.automation.rockwell.com/applications/gs/emea/GSEMEA.nsf/files/J02MES.pdf/$file/J02MES.pdf).

Otras referencias bibliográficas:

Delbecq A, Van de Ven A. A group process model for problem identification and program planning. Journal of Applied Behavioral Science: 1971.

Deming, W. Edwards. Calidad, Productividad y Competitividad: la salida de la crisis, Ediciones Díaz de Santos, Madrid: 1989.

Ertas, A y Jones, JC. The engineering design process. John Wiley, Nueva York: 1993.

European Foundation for Quality Management. The EFQM excellence model. Bruselas: EFQM, 2003.

Harvard Bussiness School Press. Liderar equipos. Barcelona: Deusto 2006.

Kinlaw DC. Continuous improvement and measurement for total quality: a team-based approach. San Diego: Pfeiffer & Company; 1992.

Nakajima, S. TPM Development Programme: Implementing Total Productive Maintenance, Productivity Press, Cambridge: 1989.

Walton, Mary, Deming, W. Edwards. The Deming Management Method. Perigee book, New York: 1986.

<http://www.quality.org/> Recursos sobre calidad. Página de enlaces.

<http://www.quality.co.uk/qualres.htm> quality resources in red.