

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: ANÁLISIS EN TIEMPO REAL, REDEFINICIÓN Y MEJORA MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS DE GESTIÓN LEAN MANAGEMENT DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PIEZAS DE MATERIALES COMPUESTOS

Autor: Ramón ARELLANO GARCÍA

Fecha: Julio 2007





RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en un análisis en profundidad del proceso de producción de piezas de materiales compuestos llevado a cabo por una empresa, tanto a nivel operativo como de gestión. En base a ello se aplican posteriormente los principios de la filosofía Lean Management y sus herramientas para proponer una serie de mejoras en distintas categorías.

La gestión Lean Management se trata de una filosofía basada en la eliminación de actividades que no agregan valor al producto, entendido éste como aquello por lo que el cliente está dispuesto a pagar; por lo que sus herramientas se basan en la eliminación de despilfarros en los procesos productivos y sus funciones asociadas.

El proyecto se encuadra dentro de la política de mejora continua de una empresa de fabricación de materiales compuestos que requiere un diagnóstico de su situación y una serie de propuestas para abordar en el futuro, aunándose esfuerzos entre ingeniería de producción y de calidad.

El proyecto consta de dos documentos: memoria descriptiva (y sus anexos) y presupuesto. La memoria consta de los siguientes capítulos:

- Capítulo 1: Presentación del proyecto.
- Capítulo 2: Objeto, justificación, viabilidad y alcance del proyecto.
- Capítulo 3: Antecedentes del proyecto.
- Capítulo 4: Proceso de producción de piezas de materiales compuestos.
- Capítulo 5: Diagnóstico de la situación actual del proceso de producción.
- Capítulo 6: Propuestas de mejora.

Los dos primeros se dedican a establecer las características del proyecto y los objetivos que persigue; el tercero sienta las bases de materiales compuestos y gestión Lean sobre las que se cimienta el proyecto; en los capítulos cuarto y quinto se analiza el proceso de producción tanto desde un punto de vista operativo (tanto a nivel de producción como de calidad) como de gestión de empresas y producción; y en el sexto se presentan categorizada y secuencialmente las propuestas de mejora.

El estudio a nivel operativo permite conocer las diferentes etapas del proceso productivo a través de la estructuración que reciben en el Sistema de Gestión Integrado del que dispone la empresa. De un modo general, estas etapas son, para la producción a través de Hand Lay-Up:

- Órdenes de producción (planificación de la producción).
- Extracción del material de la cámara frigorífica (área de autoclave).
- Corte de telas (área limpia).
- Lay-Up (área limpia).
- Bolsas de curado (área limpia).
- Curado en autoclave (área de autoclave).
- Desmoldeo y limpieza de útiles (área de autoclave).
- Recateo (área de recateo).
- Gestión de entregas (área de expediciones).

El análisis de la producción se lleva a cabo en tiempo real, de modo que el contacto con el proceso y con las personas que lo llevan a cabo es absoluto, lo que permite un mejor diagnóstico. Se han obtenido datos de tiempos, frecuencia de despilfarros, problemas habituales, etc., a través de la observación directa y de la interacción con las personas implicadas en el proceso productivo. Estos datos se han analizado a través de herramientas como el Value Stream Map, que demuestra como prácticamente un 80 % del

Lead Time de fabricación corresponde a actividades que no agregan valor al producto; así como el Análisis de Pareto para la frecuencia de despilfarros, y el Diagrama de Ishikawa y la Tormenta de Ideas para analizar las causas de los problemas presentados.

En base a los resultados del análisis, se emite el diagnóstico por categorías de la situación actual para proceder posteriormente a la propuesta de mejoras para subsanar los problemas encontrados y dirigir el proceso de mejora continua hacia un estado de producción Lean.

Las distintas propuestas se resumen muy brevemente a continuación:

1) **GESTIÓN DE LA FORMACIÓN DEL PERSONAL:** se propone un nuevo plan de formación necesario para sentar las bases del proceso de mejora, y eliminar las carencias formativas detectadas.

Herramientas: El Factor Humano / Kaizen / JIT (flexibilidad).

2) **REDEFINICIÓN DE LA ORGANIZACIÓN FUNCIONAL DE LA EMPRESA:** cambio de una estructura vertical y centralizada a una horizontal y descentralizada que permita una fabricación orientada hacia el producto – cliente y no hacia tareas – funciones.

Herramientas: El Factor Humano / Kaizen / JIT (menos contabilidad).

3) **HOUSEKEEPING: ORDEN Y LIMPIEZA DEL PUESTO DE TRABAJO:** mejora del procedimiento de organización y limpieza de los puestos de trabajo para eliminar desperdicios y tiempos de espera en la búsqueda de herramientas y materiales.

Herramientas: Housekeeping (5 S) / Kaizen.

4) CREACIÓN DE UN SISTEMA DE INCENTIVOS: mejora de la motivación e identificación de las personas a través de un sistema de inventivos que demuestre que la empresa valora los buenos trabajos.

Herramientas: El Factor Humano / Kaizen / Tableros de información.

5) INSTALACIÓN DE UN SOFTWARE DE CONTROL DE PRODUCCIÓN: "LEAN MANAGER" Y MEJORA EN LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN: sustitución del anticuado sistema de gestión informático por un software específico de control en tiempo real. Mejora de las planificaciones diarias de producción.

Herramientas: JIT / SMED / Kanban / Kaizen / Luces Andon.

6) MEJORA DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN: mejora de flujo comunicativo y creación de un sistema de sugerencias fiable.

Herramientas: El Factor Humano / Kaizen / Tableros de información.

7) SISTEMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO: implantación de un Mantenimiento Productivo Total que implique a todo el personal y que incorpore a la empresa un mantenimiento planificado en lugar del únicamente correctivo usado actualmente.

Herramientas: TPM / Kaizen / Housekeeping.

8) MODIFICACIONES DEL LAYOUT: búsqueda de mejores condiciones de trabajo y de un mayor espacio disponible a través de redistribución de elementos.

Herramientas: Housekeeping / JIT / Kaizen.

9) POKA-YOKES: MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO: incorporación de elementos que faciliten el trabajo de las personas y disminuyan las posibilidades de errores humanos.

Herramientas: Poka-Yoke / JIT / Kaizen.

10) GESTIÓN DE LA CALIDAD: mejora de la calidad en la fabricación y de la implicación con el concepto de los distintos operarios.

Herramientas: Kaizen / Tableros de información / El Factor Humano.

11) GESTIÓN DE PROVEEDORES Y DE LAS RELACIONES CON LOS CLIENTES: existencia de un sistema de selección y evaluación de proveedores, así como una adecuada gestión del marketing relacional.

Herramientas: JIT / Kaizen / El Factor Humano.

12) MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL: implantación de un programa de Buenas Prácticas Ambientales y mejora del sistema de gestión de residuos.

Herramientas: Housekeeping / Kaizen / El Factor Humano / Tableros de información.

13) MEJORA DEL SISTEMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES: mejora de la información de seguridad de los productos utilizados e incorporación de rutas de evacuación y distribución de extintores a lo largo de la planta.

Herramientas: Kaizen / El Factor Humano / Tableros de información.

ÍNDICE DEL PROYECTO

	<u>Tomo</u>	<u>Pág.</u>
DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA DESCRIPTIVA	1	10
CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	1	11
CAPÍTULO 2: OBJETO, JUSTIFICACIÓN, VIABILIDAD Y ALCANCE DEL PROYECTO	1	14
CAPÍTULO 3: ANTECEDENTES DEL PROYECTO	1	22
CAPÍTULO 4: PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PIEZAS DE MATERIALES COMPUESTOS	1	51
CAPÍTULO 5: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN	1	136
CAPÍTULO 6: PROPUESTAS DE MEJORA	1	203
ANEXOS A LA MEMORIA	2	343
DOCUMENTO Nº 2: PRESUPUESTO	2	558

ÍNDICE DEL PROYECTO: TOMO 1

	<u>Pág.</u>
DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA DESCRIPTIVA	10
CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	11
1.1. Peticionario	11
1.2. Propuesta del Proyecto Fin de Carrera	11
CAPÍTULO 2: OBJETO, JUSTIFICACIÓN, VIABILIDAD Y ALCANCE DEL PROYECTO	14
2.1. Objeto del proyecto	14
2.2. Justificación del proyecto	16
2.3. Viabilidad del proyecto	18
2.4. Alcance del proyecto	21
CAPÍTULO 3: ANTECEDENTES DEL PROYECTO	22
3.1. Antecedentes históricos: materiales compuestos	22
3.1.1. Introducción	22
3.1.2. Clasificación	25
3.1.3. Materiales prepeg (preimpregnados)	27
3.1.4. Materiales compuestos estructurales	31
3.2. Localización del proyecto	34
3.3. El "Lean Management"	38
3.3.1. Introducción a la metodología "Lean"	38
3.3.2. El "Lean Thinking"	39
3.3.3. ¿Qué es la metodología Lean Management?	40
3.3.4. Beneficios del Lean Management	44
3.3.5. Los 7 grandes desperdicios y las principales herramientas de la gestión Lean para enfrentarse a ellos	44

3.3.6. Los 6 principios claves del Lean Management	46
3.3.7. Estado ideal de un proceso tras la aplicación de la metodología Lean Management	47
3.3.8. Etapas generales de la metodología Lean Management	48
CAPÍTULO 4: PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PIEZAS DE MATERIALES COMPUESTOS	51
4.1. Introducción al proceso productivo	51
4.2. Procesos operativos en la planta de composites	54
4.3. Planificación de la producción	55
4.3.1. Misión	55
4.3.2. Propietario del proceso	55
4.3.3. Variables de entrada	55
4.3.4. Variables de salida	55
4.3.5. Objetivo del proceso	56
4.3.6. Nivel de capacidad	56
4.3.7. Indicador del nivel	56
4.3.8. Esquema gráfico del proceso	56
4.3.9. Procedimiento de preparación de órdenes de producción	56
4.4. Operación en el área limpia	66
4.4.1. Misión	66
4.4.2. Propietario del proceso	66
4.4.3. Variables de entrada	66
4.4.4. Variables de salida	66
4.4.5. Objetivo del proceso	67
4.4.6. Nivel de capacidad	67
4.4.7. Indicador del nivel	67
4.4.8. Esquema gráfico del proceso	67
4.4.9. Procedimiento de corte de telas	67

4.4.10. Procedimiento de apilamiento manual (Lay-Up)	78
4.4.11. Procedimiento de fabricación de bolsas de curado	89
4.4.12. Procedimiento de aplicación de sellantes	97
4.5. Operación en el área de autoclave	102
4.5.1. Misión	102
4.5.2. Propietario del proceso	102
4.5.3. Variables de entrada	102
4.5.4. Variables de salida	102
4.5.5. Objetivo del proceso	103
4.5.6. Nivel de capacidad	103
4.5.7. Indicador del nivel	103
4.5.8. Esquema gráfico del proceso	103
4.5.9. Procedimiento de extracción del material prepeg de la cámara frigorífica	104
4.5.10. Procedimiento de curado en autoclave	106
4.5.11. Procedimiento de desmoldeo y limpieza de útiles	114
4.6. Operación en el área de recanteo	119
4.6.1. Misión	119
4.6.2. Propietario del proceso	119
4.6.3. Variables de entrada	119
4.6.4. Variables de salida	119
4.6.5. Objetivo del proceso	120
4.6.6. Nivel de capacidad	120
4.6.7. Indicador del nivel	120
4.6.8. Esquema gráfico del proceso	120
4.6.9. Procedimiento de recanteo de materiales compuestos	120
4.7. Control de la producción	125
4.7.1. Misión	125
4.7.2. Propietario del proceso	125
4.7.3. Variables de entrada	125

4.7.4. Variables de salida	125
4.7.5. Objetivo del proceso	126
4.7.6. Nivel de capacidad	126
4.7.7. Indicador del nivel	126
4.7.8. Procedimientos de control de la producción de mayor interés para el análisis de este proyecto	126
4.8. Preparación de envío y expedición	131
4.8.1. Misión	131
4.8.2. Propietario del proceso	131
4.8.3. Variables de entrada	131
4.8.4. Variables de salida	131
4.8.5. Objetivo del proceso	131
4.8.6. Nivel de capacidad	132
4.8.7. Indicador del nivel	132
4.8.8. Esquema gráfico del proceso	132
4.8.9. Procedimiento de gestión de entregas	132
CAPÍTULO 5: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN	136
5.1. Análisis de la cadena de valor	136
5.1.1. Introducción	136
5.1.2. Representación y análisis del CSVSM A340	137
5.1.3. Representación y análisis del CSVSM A400M	139
5.1.4. Representación y análisis del FSVSM (genérico)	142
5.2. Conclusiones de las encuestas realizadas al personal de la división de materiales compuestos	144
5.2.1. Introducción	144
5.2.2. Encuesta nº 1: producción a pie de planta	144
5.2.3. Encuesta nº 2: satisfacción interna	146
5.2.4. Encuesta nº 3: clima laboral	146

5.3. Análisis de Pareto basado en la frecuencia con que se producen problemas que generan despilfarros	148
5.4. Diagrama Causa – Efecto (Ishikawa)	151
5.4.1. Introducción	151
5.4.2. Etapa de Brainstorming	152
5.4.3. Etapa de construcción del Diagrama Causa – Efecto	155
5.5. Diagnóstico por categorías	159
5.5.1. Organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo	160
5.5.2. Organización funcional	164
5.5.3. Motivación del personal: sistema de incentivos	166
5.5.4. Formación del personal	169
5.5.5. Layout o distribución en planta	179
5.5.6. Planificación de la producción	186
5.5.7. Herramientas y equipos de trabajo	191
5.5.8. Mantenimiento de las instalaciones	193
5.5.9. Relaciones con los clientes y proveedores	195
5.5.10. Gestión de la calidad	197
5.5.11. Medio ambiente y prevención de riesgos laborales	200
CAPÍTULO 6: PROPUESTAS DE MEJORA	203
6.1. Introducción	203
6.2. Secuenciación de las propuestas de mejora	203
6.3. Propuesta de mejora nº 1: gestión de la formación del personal	206
6.3.1. Introducción	207
6.3.2. El plan de formación	208
6.3.3. Necesidades formativas detectadas	210
6.3.4. Establecimiento de indicadores	216
6.4. Propuesta de mejora nº 2: redefinición de la organización funcional de la empresa	217
6.4.1. Introducción	218

6.4.2. El cambio hacia una estructura horizontal y descentralizada	218
6.4.3. Nuevo organigrama funcional	223
6.5. Propuesta de mejora nº 3: Housekeeping: orden y limpieza del puesto de trabajo	224
6.5.1. Introducción	225
6.5.2. El equipo de trabajo del Housekeeping	226
6.5.3. Aplicación de las 5 S en la planta de composites	226
6.5.4. Housekeeping lógico: archivos informáticos	238
6.6. Propuesta de mejora nº 4: creación de un sistema de incentivos	240
6.6.1. Introducción	241
6.6.2. Ventajas e inconvenientes de la implantación	241
6.6.3. Propuesta de la estructura general de un sistema de incentivos para los trabajadores de la planta de composites	243
6.7. Propuesta de mejora nº 5: instalación de un software de control de producción: "Lean Manager" y mejora en la planificación de la producción	247
6.7.1. Introducción	248
6.7.2. El software de planificación y control: "Lean Manager"	249
6.7.3. Planificación diaria básica de producción	254
6.7.4. Ejemplo descriptivo del uso del "Lean Manager"	263
6.7.5. Implantación de un sistema Kanban para los productos con demanda de stock final	265
6.8. Propuesta de mejora nº 6: mejora del sistema de comunicación	268
6.8.1. Introducción	269
6.8.2. Nuevo sistema de sugerencias	269
6.8.3. Gestión de los tableros de información	273
6.9. Propuesta de mejora nº 7: sistema de gestión del mantenimiento	274
6.9.1. Introducción	275
6.9.2. Creación del departamento de mantenimiento	276

6.9.3. Implantación del TPM	278
6.9.4. Planificación de mantenimiento propuesta para distintos equipos de la planta de composites	282
6.10. Propuesta de mejora nº 8: modificaciones del layout	286
6.10.1. Introducción	287
6.10.2. Modificaciones del layout de la sala limpia	287
6.10.3. Propuesta de distribución orientada hacia el producto	291
6.11. Propuesta de mejora nº 9: Poka-Yokes: mejora del proceso productivo	292
6.11.1. Introducción	293
6.11.2. Maletines y kits de polietileno para corte manual de telas	294
6.11.3. Máquina automática de corte de telas	298
6.11.4. Tarjeta identificativa adhesiva para composites	302
6.12. Propuesta de mejora nº 10: gestión de la calidad	304
6.12.1. Introducción	305
6.12.2. Carteles de calidad	305
6.12.3. Reuniones de seguimiento de la calidad de los productos	307
6.13. Propuesta de mejora nº 11: gestión de proveedores y de las relaciones con los clientes	312
6.13.1. Introducción	312
6.13.2. Gestión de proveedores	313
6.13.3. Gestión de las relaciones con los clientes	319
6.14. Propuesta de mejora nº 12: mejora del sistema de gestión medioambiental	323
6.14.1. Introducción	324
6.14.2. Implantación de un programa de BPA	324
6.14.3. Mejora del sistema de gestión de residuos	328

6.15. Propuesta de mejora nº 13: mejora del sistema de prevención de riesgos laborales	330
6.15.1. Introducción	331
6.15.2. Fichas de seguridad de los productos utilizados	331
6.15.3. Establecimiento de rutas de evacuación y distribución en planta de extintores de incendios	332

DOCUMENTO Nº 1:

MEMORIA DESCRIPTIVA

CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

1.1. PETICIONARIO

La comisión de Proyectos Fin de Carrera de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cádiz ha asignado al alumno D. Ramón Arellano García perteneciente a la titulación de Ingeniería Química el proyecto de carácter específico titulado "ANÁLISIS EN TIEMPO REAL, REDEFINICIÓN Y MEJORA MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS DE GESTIÓN LEAN MANAGEMENT DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PIEZAS DE MATERIALES COMPUESTOS". Dicho proyecto se encuentra enmarcado dentro de la "Iniciativa PROYECTA", surgida de la colaboración entre la Universidad de Cádiz y la Confederación de Empresarios de la provincia de Cádiz (CEC), que permite la realización del Proyecto Fin de Carrera en una empresa. El tutor del proyecto es D. Manuel Galán Vallejo, actuando como co-tutores en la empresa en cuestión D. Manuel José de la Torre Moreno y D. Pablo García Miralles.

El presente proyecto se realiza como requisito indispensable para la obtención del título de Ingeniero Químico por la Universidad de Cádiz.

1.2. PROPUESTA DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

El documento de propuesta de Proyecto Fin de Carrera presentado el 29 de enero de 2007 es el siguiente:

Departamento:

Ingeniería Química, Tecnología de Alimentos y Tecnologías del Medio Ambiente.

Título:

Análisis en tiempo real, redefinición y mejora mediante el uso de técnicas de gestión Lean Management del proceso de producción de piezas de materiales compuestos.

Tutor:

D. Manuel Galán Vallejo.

Co-tutores:

D. Manuel José de la Torre Moreno.

D. Pablo García Miralles.

Descripción del Proyecto Fin de Carrera:

El proyecto consistirá en un análisis completo del proceso de producción para la obtención de piezas de materiales compuestos de una empresa, principalmente de fibra de carbono y con la industria aeronáutica como principal destino. Se realizará un diagnóstico de la situación del proceso en tiempo real mediante un seguimiento completo en un periodo de tiempo de análisis, y, en función de lo observado y de lo que dicten los resultados, se estudiará cómo mejorar dicho proceso mediante la aplicación de los principios clave de la metodología "Lean Management", buscando soluciones que permitan la eliminación de los llamados 7 desperdicios por la filosofía Lean: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos.

Requisitos:

Normativa aeronáutica.

La capacidad de producción del proceso es de 10000 piezas/año aproximadamente, de un tamaño que oscila entre 20 centímetros y 1 metro de longitud.

Aclaración del Proyecto Fin de Carrera:

El proyecto consiste en un análisis del proceso de producción de piezas de materiales compuestos para llevar a cabo un diagnóstico de la situación actual del mismo. A partir de toda la información recogida en esta fase de diagnóstico y aplicando una serie de conceptos y herramientas procedentes de la gestión Lean Management se procederá a estudiar y proponer un plan de mejora desde la perspectiva de la eliminación de despilfarros.

La gestión Lean Management no posee una normativa específica, sino que es una filosofía de gestión empresarial y de producción que actúa sobre el proceso productivo, aplicándose conceptos relativos al campo en estudio, en este caso el de la producción de materiales compuestos. Es por ello que las normas fundamentales sobre la que se cimenta el proyecto son las propias de la producción de las piezas, es decir y de modo más concreto, la normativa aeronáutica relativa a la fabricación de laminados y estructuras sandwich de materiales compuestos, que deberá ser respetada por todas aquellas propuestas de mejora susceptibles de interceder en ella. No existe pues una norma específica de gestión Lean, sino que en todo momento la normativa a tener en cuenta es la del sector aeronáutico de composites.

CAPÍTULO 2: OBJETO, JUSTIFICACIÓN, VIABILIDAD Y ALCANCE DEL PROYECTO

2.1. OBJETO DEL PROYECTO

El objetivo de este Proyecto Fin de Carrera es, a partir de un análisis del proceso de producción de una serie de piezas en una planta de materiales compuestos, proponer un plan de posibles mejoras para el mismo. Estas mejoras surgirán a través del análisis de lo observado y de los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología conocida como "Lean Management".

El objetivo de la citada metodología es, mediante el uso y estudio de una serie de herramientas de gestión, reducir en la medida de lo posible los desperdicios que tienen lugar en la producción, buscándose en todo momento la mejora continua del proceso. En definitiva lo que se busca es obtener la máxima satisfacción del cliente, ya que el "Lean Management" está directamente orientado a ello, tomando al cliente como centro y referencia de todo el proceso.

Debido a la continua evolución de la ciencia y la tecnología, las empresas se encuentran obligadas a competir en un entorno muy cambiante, luchando siempre por mantener unos requisitos de calidad en sus productos y servicios superiores a los de la competencia. Los procesos siempre pueden mejorarse, y es un error pensar que ya no pueden hacerse las cosas mejor de lo que se hacen. No obstante, debe tenerse muy clara la metodología a seguir para llegar a dicho objetivo, por tanto en el presente proyecto se seguirán una serie de etapas para llegar al fin pretendido:

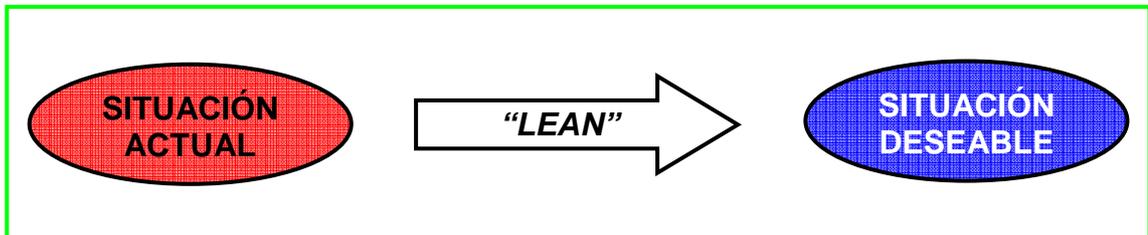
1º) En primer lugar deberá analizarse en profundidad todo lo que acontece en la fabricación de las piezas, para llegar a una determinación del estado actual de la producción en la empresa y tener un punto de partida. Para ello, se elegirán una serie de piezas de materiales compuestos y se hará un seguimiento en tiempo real de las mismas durante toda su fabricación. El que sea en tiempo real implica que las observaciones y resultados se obtienen "sobre" el propio proceso, controlándose todas las etapas que acontecen en la fabricación de cada pieza en sí. Se estudiarán los tiempos de cada una de las operaciones mientras estas tienen lugar, y la forma de proceder en su producción, que deberá adecuarse a la norma R+W-K-766 de fabricación de estructuras con materiales compuestos de fibra de carbono (laminados y "sandwich"). Mediante la observación mencionada podrán detectarse los problemas y cuellos de botella del proceso susceptibles de mejoras, donde deberá centrarse la atención de la gestión posterior. Para ello el seguimiento será lo más claro posible, de modo que no quede ninguna "zona muerta" del proceso sin estudiar.

2º) Una vez detectado dónde debe actuarse en la etapa de análisis, con esos resultados y observaciones por delante, se procederá a aplicar las herramientas de mejoras mediante la gestión Lean. La aplicación correcta de estas herramientas será la que conduzca a una situación posterior deseable donde se habrá mejorado el proceso.

3º) Deberá comprobarse, en la medida de lo posible, los beneficios obtenidos mediante las mejoras propuestas, tanto de modo cualitativo como cuantitativo (en aquellas que proceda).

Debe considerarse que el "Lean Management" como sistema de gestión actúa sobre todo el proceso, no únicamente la fabricación propiamente dicha en sí, sino también sobre todo lo que ésta lleva asociada, como cumplimiento de normas, documentación, etc.

El proyecto pretende por tanto el estudio de la transición de una "situación actual" a una "situación deseable" mediante el uso de una serie de herramientas de gestión ("Lean Management").



2.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Por todos es conocido que el objetivo de cualquier empresa con ánimo de lucro es, efectivamente, la consecución de los máximos beneficios posibles al mínimo coste. Está pues claro que la empresa no persigue otra cosa más que la rentabilidad de sus procesos que le permitan obtener dichos objetivos, alcanzando así el éxito en el mercado actual.

Con la aparición de las nuevas empresas industriales, el mercado ha variado radicalmente sus pautas de comportamiento, caracterizándose entre otras cosas porque:

- La oferta es superior a la demanda.
- La oferta se ha diversificado, existiendo una gran variedad de productos para satisfacer una necesidad.
- Es un mercado maduro y exigente.
- Es cambiante.

Por lo tanto, para permanecer en este mercado, las empresas industriales deben responder a este escenario, un contexto competitivo en donde no es posible producir con el "piloto automático", sino que el nuevo marco exige flexibilidad, alta calidad y bajo coste.

Es debido a estas características del mercado actual que las empresas deban moverse y presentar sus productos, lo que obliga a que, hoy en día, tengan muy presente el concepto de "mejora continua", y que se considere una condición necesaria la implantación del mismo en todos los ámbitos de la organización (el de la función de producción incluido) para poder continuar en el mercado.

Es por esto que una empresa cualquiera debe tener entre sus habilidades empresariales el conocimiento de las distintas estrategias y herramientas de gestión que le permitan mejorar cualquier parte de su organización.

Para llegar a conseguir una posición de liderazgo debe existir una gran conexión entre la filosofía y cultura de la empresa, la estrategia de competitividad de la misma y la fabricación. La filosofía y cultura corporativas guiarán tanto la estrategia de competitividad como la fabricación. Además, influyen una en otra, de tal manera que funciones tales como tecnología, finanzas y marketing deben trabajar estrechamente con producción. Estas nuevas situaciones requieren un pleno compromiso y apoyo de la alta dirección al área de producción. No se puede olvidar que la función de producción comprende normalmente el 80 % del capital y personal de una empresa, siendo la que recibe un mayor impacto de la filosofía y cultura corporativas.

Por consiguiente la alta dirección y los directivos de producción deben asumir el liderazgo en el enriquecimiento conceptual de todas las áreas de producción. Como consecuencia de las impresionantes ganancias que la fabricación hace posible, producción es contemplada como un área que contribuye sustancialmente a la competitividad de la empresa.

Debido a todo lo expuesto, se pretende en este Proyecto Fin de Carrera trabajar en esa citada "mejora continua" actuando sobre la función de producción de la misma, y se busca obtener los beneficios que conlleva toda implantación de unas mejoras, que en este caso se efectuarán focalizadas sobre la filosofía del "Lean Management", que en definitiva no es más que una forma de gestión de calidad. El sector aeronáutico (donde se ubica principalmente el presente proyecto) es el sector industrial donde los requisitos de calidad son más exigentes. Estos requisitos de calidad son exigidos a las empresas por los clientes, es decir, las empresas tractoras, que contratan los servicios de empresas más pequeñas a las que se conocen como suministradores (subcontratistas).

Es por tanto indispensable un estudio en profundidad del proceso de producción de las piezas de materiales compuestos que se producen en la empresa, más concretamente de algunas de ellas tomadas como objetivos de análisis, por la imposibilidad de realizar un estudio a mayor escala con una sola persona encargada de la tarea. Con dicho estudio se estará en consonancia con la política general de la empresa, y se ayudará a establecer una cultura de empresa en la cual todos los empleados se sientan parte del proyecto de la misma.

2.3. VIABILIDAD DEL PROYECTO

Ya se ha hecho referencia con anterioridad al objetivo principal de una empresa con ánimo de lucro: máximos beneficios al mínimo coste. De ahí, por tanto, que pueda identificarse como función económica esencial de toda empresa la creación de valor. Todos los factores de producción de la misma deberán estar enfocados de la mejor manera posible hacia ese fin: la creación de valor a lo largo del proceso.

No obstante, no basta con que la empresa disponga de esos factores, sino que debe saber cómo combinarlos entre sí, cómo ordenarlos según una determinada estructura organizativa que le permita alcanzar sus objetivos, consiguiendo competitividad en el complejo y cambiante mercado actual, y, por supuesto, los tan ansiados beneficios.

Está claro por tanto que lo que se pretende es administrar y combinar esos recursos que la empresa posee para crear un flujo de valor a lo largo del proceso, desechando todo aquello que no lo aporte.

Debido a las características del mercado, es muy habitual que no se haga un uso eficiente de los recursos de la empresa y, por tanto, que sus procesos no estén en todo momento añadiendo valor a los productos que ésta aporta a dicho mercado.

La fabricación de estructuras aeronáuticas está sufriendo una transformación positiva para las empresas que desarrollan su actividad en el campo de los materiales compuestos. El aumento de producción de nuevas estructuras en estos materiales, y la sustitución de antiguas piezas metálicas por piezas en fibra de carbono (en su mayoría) hacen que el futuro del sector sea muy prometedor y con muchas expectativas. Y para mantener estas expectativas, una empresa de fabricación de piezas de materiales compuestos debe estar siempre mejorando y buscando la mejor forma de gestionar sus recursos para la obtención de valor tal como se comentó con anterioridad.

Una forma de alcanzar estas metas es a través del “Lean Management”. Puede llegarse a un importante cambio para bien en una organización mediante un estudio y análisis del proceso, así como la aplicación de diversas técnicas de gestión en función de lo observado y los resultados obtenidos. Un cambio que además no afectará únicamente al

proceso productivo, pues el "Lean Management" es una filosofía de gestión que abarca a toda la organización, y, en este caso, no sólo se estudiará el proceso en sí, sino también otras actividades íntimamente relacionadas con el mismo que si bien estrictamente no son de producción, ésta, desde una visión Lean, no debe separarse de ellas. Esta gestión implica a todas las personas involucradas en el proceso y en el resto de actividades, y, entre otros muchos objetivos, uno de los principales que se persigue es conseguir que toda persona implicada se sienta parte indispensable de la empresa.

Queda por tanto justificada la viabilidad del presente proyecto como una necesaria visión de futuro, una forma de adaptarse a un mercado tan exigente como el actual, una profunda mirada a lo que ocurre en un proceso, no simplemente por observarlo, sino para estudiarlo y ver de qué forma puede hacerse mejor. Uno de los problemas más habituales hoy día en las empresas es el miedo al cambio. El conformismo productivo no debe ser una constante en el trabajo diario. A la pregunta de "¿por qué hacéis las cosas así en esta empresa?", la respuesta más habitual es "porque siempre se han hecho así". Este es el mayor impedimento a la mejora continua que trata de llevarse a cabo en proyectos de este tipo, debe tenerse claro que todo es mejorable, que las cosas pueden hacerse siempre de un modo más eficiente, y que no debe pensarse en un proceso como algo estanco y sin vida, sino como algo en continua evolución que siempre debe ser estudiado y revisado para llegar a nuevas metas donde nadie haya llegado aún.

Un proyecto de este tipo prácticamente siempre será viable, ya que siempre estará apoyado por los cambios mencionados que conducirán a la consecución de un aumento de la productividad ocasionada por el beneficio económico que supone una reducción de costes y la implicación de todo el personal de la organización en la MEJORA CONTINUA, en esta ocasión enfocada desde la visión del LEAN MANAGEMENT.

2.4. ALCANCE DEL PROYECTO

Como se ha visto, en todo proceso productivo resulta de gran importancia la mejora en la gestión de sus recursos.

En la actualidad existe una clara tendencia en las organizaciones en busca de la excelencia empresarial, y para ello invierten, implantan y desarrollan mejoras en sus procesos mediante diversos enfoques, siendo uno de los más seguidos el "Lean Management".

Este Proyecto Fin de Carrera se enmarca dentro de la política de mejora continua que una empresa de fabricación de piezas de materiales compuestos pretende aplicar a su proceso productivo.

Se planteará un estudio de la situación actual de la empresa, para posteriormente desarrollar diversas propuestas de mejora. Lógicamente, esto será un primer paso hacia la implantación, ya que esas propuestas deberán ser aprobadas por los responsables pertinentes.

Durante el estudio se procederá a la observación, recogida de datos y cualquier otro tipo de acción necesaria para poder realizar todas las etapas de la confección del presente proyecto.

CAPÍTULO 3: ANTECEDENTES DEL PROYECTO

3.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS: MATERIALES COMPUESTOS

3.1.1. Introducción

La mayoría de las tecnologías modernas requieren materiales con una combinación inusual de propiedades, imposible de conseguir con los metales, las cerámicas y los polímeros convencionales. Esta necesidad es muy evidente en aplicaciones espaciales, subacuáticas y en los transportes. Por ejemplo, los ingenieros aeronáuticos solicitan, cada vez más, materiales de baja densidad que sean resistentes y rígidos, y también resistentes al impacto, a la abrasión y a la corrosión. Frecuentemente, los materiales más resistentes son relativamente densos; además, un incremento de la resistencia y de la rigidez se traduce generalmente en una disminución de la resistencia al impacto.

Las combinaciones de propiedades de los materiales y la gama de sus valores se han ampliado, y se siguen ampliando, mediante el desarrollo de materiales compuestos (composites).

En términos generales se considera que un material compuesto es un material multifase que conserva una proporción significativa de las propiedades de las fases constituyentes de manera que presente la mejor combinación posible. De acuerdo con este "principio de acción combinada", las mejores propiedades se obtienen por la combinación razonada de dos o más materiales diferentes. Muchos materiales compuestos tienen propiedades excepcionales.

Según esta definición que se ha dado, materiales como las aleaciones metálicas, las cerámicas y los polímeros multifásicos serían materiales compuestos. Además, en la naturaleza existen muchos materiales compuestos naturales, como pueden ser la madera (fibras de celulosa flexibles embebidas en un material rígido llamado lignina) o el hueso (formado por colágeno, una proteína resistente pero blanda, y por apatito, un mineral frágil). No obstante, en el contexto habitual de ingeniería de materiales, y en el del presente proyecto, un material compuesto es un material multifase obtenido artificialmente, en oposición a los que se encuentran en la naturaleza. Además, las fases constituyentes deben ser químicamente distintas y separadas por una intercara. Por este motivo, la mayoría de las aleaciones metálicas y muchas cerámicas no encajan en esta definición, ya que sus múltiples fases se forman como consecuencia de fenómenos naturales.

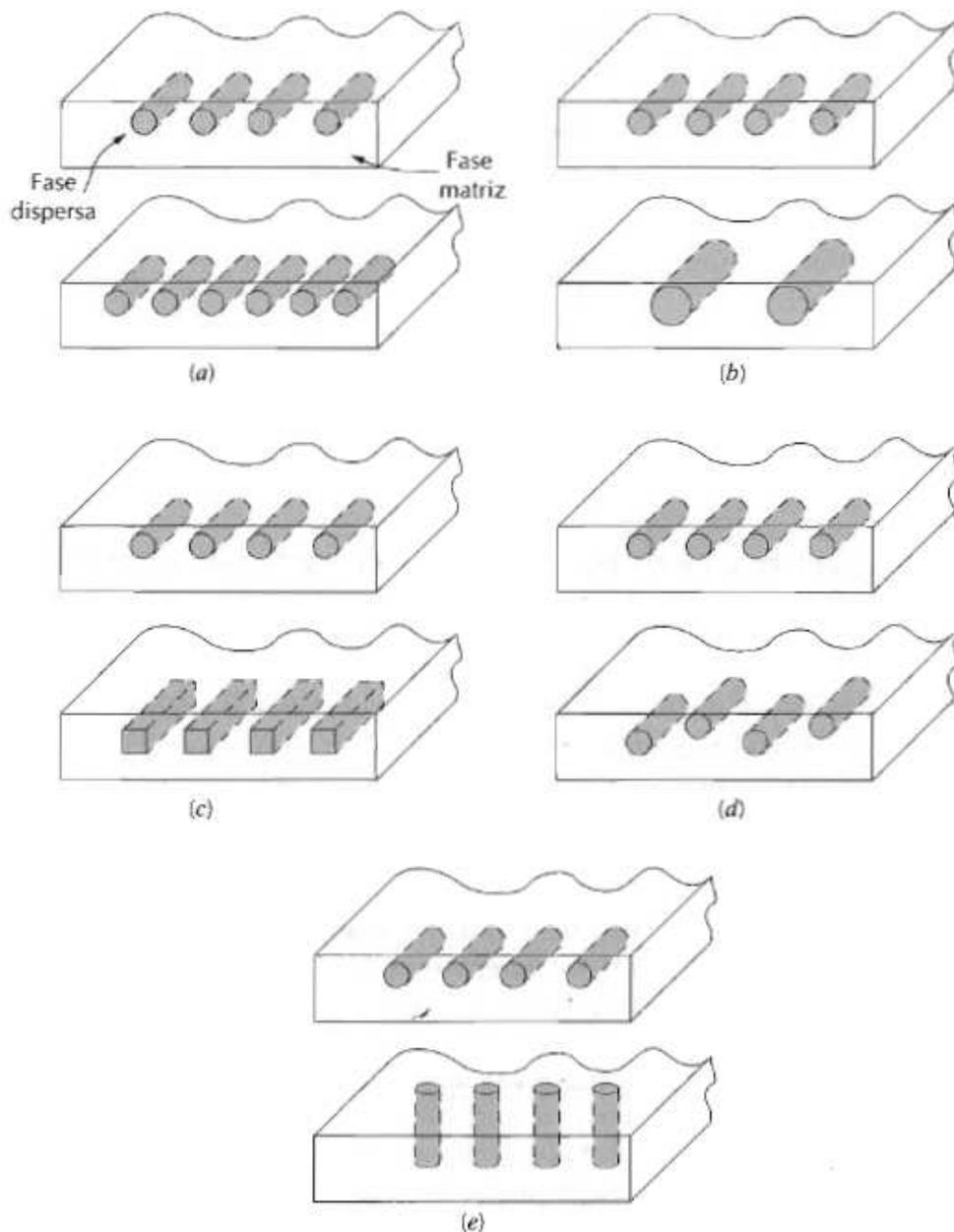
La mayoría de los materiales compuestos se han creado para mejorar la combinación de propiedades mecánicas tales como rigidez, tenacidad y resistencia a la tracción a temperatura ambiente y a elevadas temperaturas.

La mayor parte de los materiales compuestos están formados por dos fases:

- **MATRIZ (O SUSTENTO):** es continua y rodea a la otra fase. En los compuestos aeronáuticos la matriz es una resina que tiene como misión embeber las fibras para proporcionarles rigidez.
- **FASE DISPERSA (O REFUERZO):** como su nombre indica, son el refuerzo que está inmerso en la matriz y que tienen como principal función transmitir las cargas a las que está sometido el compuesto en todas las direcciones.

Las propiedades de los compuestos son función de:

- Las propiedades de las fases constituyentes.
- Las proporciones relativas de dichas fases.
- La geometría de las fases dispersas, entendiendo esto como la forma, el tamaño, la distribución y la orientación de los refuerzos.

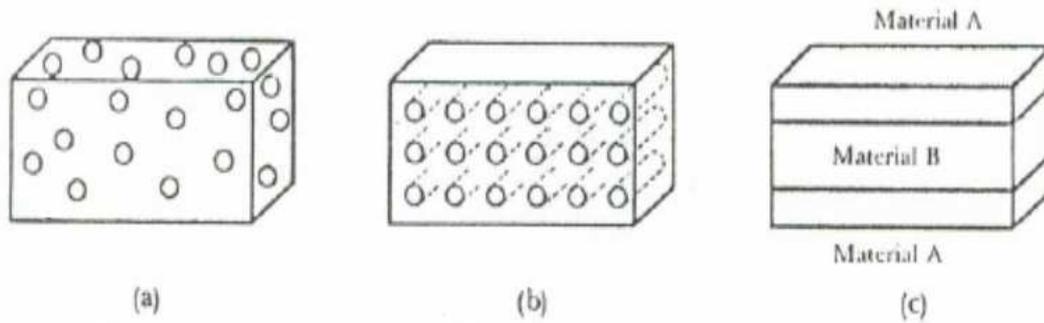


- (a) Concentración
- (b) Tamaño
- (c) Forma
- (d) Distribución
- (e) Orientación

3.1.2. Clasificación

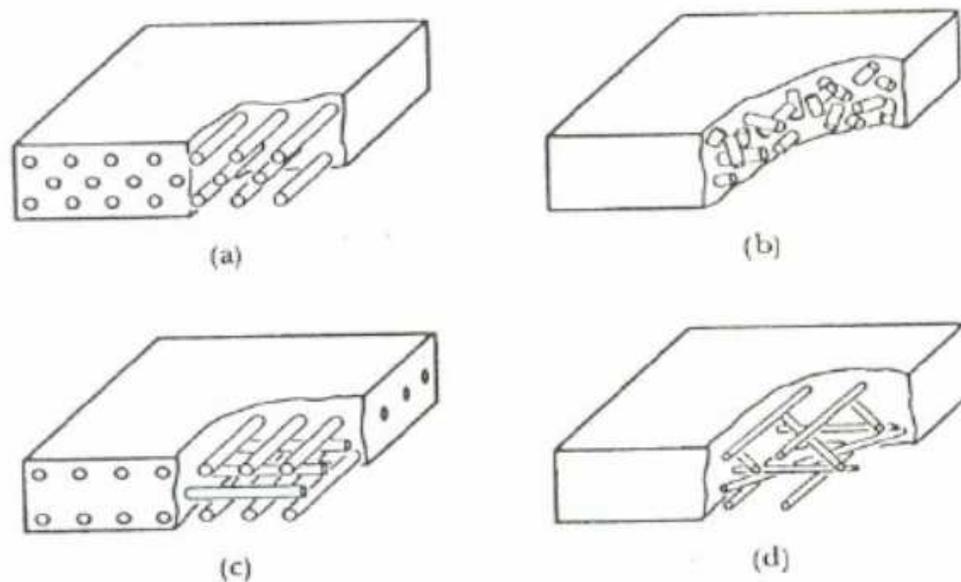


- **REFORZADOS CON PARTÍCULAS:** las partículas de la fase dispersa de los materiales compuestos son equiaxiales (es decir, las dimensiones de las partículas son aproximadamente iguales en todas las direcciones).
- **REFORZADOS CON FIBRAS:** los refuerzos tienen la geometría de una fibra, es decir, una relación longitud/diámetro muy alta.
- **ESTRUCTURALES:** son materiales compuestos combinados con materiales homogéneos.



- (a) Reforzados con partículas
- (b) Reforzados con fibras
- (c) Estructurales (laminar)

En un material compuesto las funciones de la matriz y de las fibras están perfectamente diferenciadas y son complementarias, es decir, las necesidades estructurales son recíprocas. Las fibras pueden estar inmersas en la matriz con diferentes orientaciones y concentración, siendo esta configuración la principal responsable de las propiedades mecánicas del material compuesto. A continuación se muestran algunas de las orientaciones de fibras más habituales:



- (a) Fibras continuas unidireccionales
- (b) Fibras discontinuas al azar
- (c) Fibras ortogonales
- (d) Fibras en capas múltiples

3.1.3. Materiales PREPEG (preimpregnados)

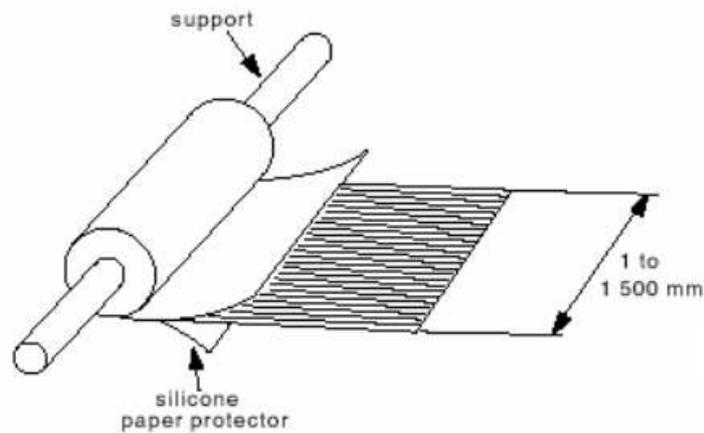
El término "preimpregnado" (prepeg) se utiliza en la industria de los materiales compuestos para referirse a fibras de refuerzo impregnadas previamente con una resina (matriz) termoestable parcialmente curada. Este material se entrega a los usuarios en forma de rollo, los cuales moldean y curan totalmente el producto sin necesidad de añadir ninguna resina. Probablemente es el material compuesto más extensamente utilizado para aplicaciones estructurales. Debe almacenarse a bajas temperaturas (-25 °C) en una cámara frigorífica, ya que puede curar a temperatura ambiente, si se supera el tiempo de exposición permitido. Por ello, es muy importante llevar un adecuado control de las dos características descritas a continuación:

- Tiempo de vida de manejo: tiempo acumulado de exposición del material prepeg a temperatura ambiente, hasta terminación del apilado (considerándose éste terminado cuando ya se ha fabricado la bolsa de vacío¹).
- Tiempo de vida total a temperatura ambiente: Tiempo acumulado de exposición del material prepeg a temperatura ambiente, antes del comienzo del curado (en el autoclave^{*}).

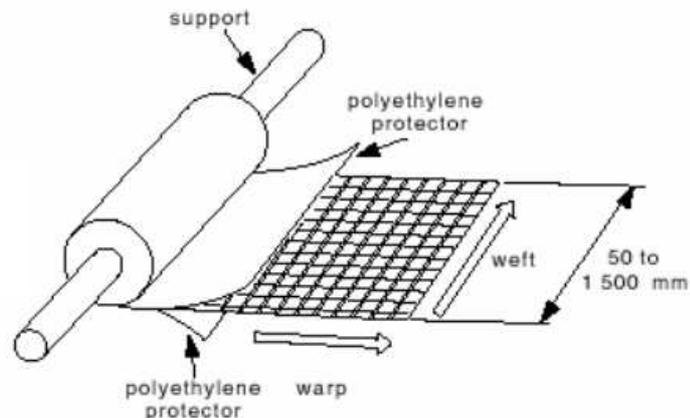
^{*}Nota: tanto la fabricación de la bolsa de vacío como el proceso de curado en el autoclave que se han citado son etapas del proceso productivo de las piezas de materiales compuestos que se analizará posteriormente con mucha más profundidad.

El preimpregnado está disponible en dos formas:

- Cinta: una única dirección de fibra.



- Tejido: varias direcciones de fibra.



Las matrices, o resinas, utilizadas en los preimpregnados son productos químicos de origen sintético o natural y estructura compleja.

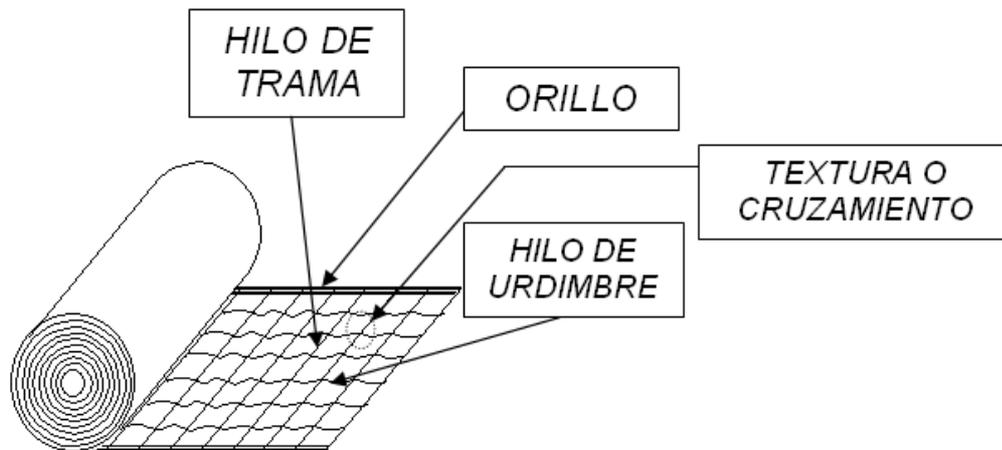
La función de la matriz es fundamentalmente proporcionar cohesión entre las fibras en el material preimpregnado y transmitir las cargas de forma

homogénea entre éstas. Además la matriz proporciona al material resistencia medioambiental y determina el rango de temperatura de servicio.

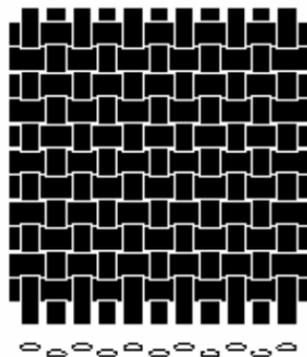
Distinguimos tres tipos de matrices que se usan fundamentalmente en preimpregnados: epoxy, fenólica y BMI (y poliimida). La siguiente tabla muestra las ventajas de cada uno de estos tipos y aplicaciones típicas:

RESINA	VENTAJAS	APLICACIONES
Epoxy	<ol style="list-style-type: none"> 1. Excelentes propiedades mecánicas. 2. Buena resistencia medioambiental. 3. Fácil procesado. 	<u>Curado a 120 °C:</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aeroespacial. 2. Productos de deporte. 3. Naval. 4. Automoción. 5. Transporte. 6. Ferrocarril.
		<u>Curado a 180 °C:</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aeroespacial. 2. Militar
Fenólica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Excelente resistencia al fuego. 2. Baja emisión de humos y gases tóxicos. 3. Procesado económico. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aeroespacial (componentes internos). 2. Naval. 3. Ferrocarril.
BMI y poliimidias	<ol style="list-style-type: none"> 1. Excelente resistencia a altas temperaturas. 2. Buenas propiedades mecánicas. 3. Buena resistencia a agentes químicos, fuego y radiación. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aeroestructuras. 2. Componentes de resistencia a altas temperaturas.

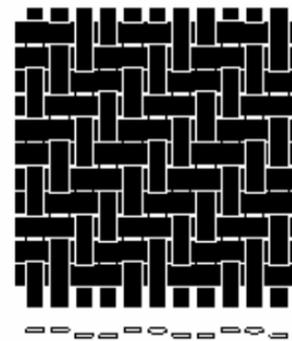
Respecto a las fibras de refuerzo en preimpregnados, las telas de este material están constituidas por dos grupos de fibras entrelazadas perpendicularmente: trama y urdimbre. En la siguiente figura se muestra un esquema del entramado de fibras de una tela de preimpregnado:



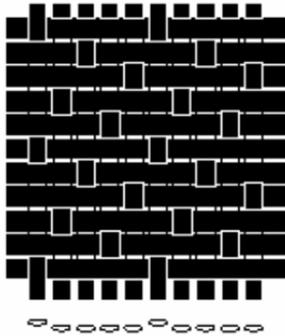
El tipo de tejido puede variar de acuerdo con el entrecruzado de las fibras (textura o cruzamiento). Alto cruzamiento proporciona mejores propiedades mecánicas y bajo cruzamiento proporciona mejor comportamiento frente al apilado. A continuación se presentan los principales tipos de cruzamientos:



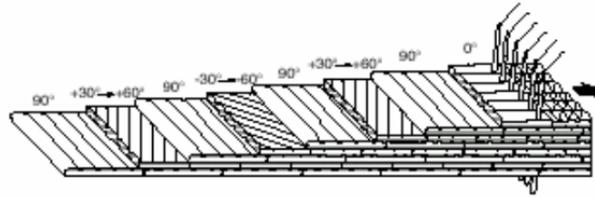
TEJIDO PLANO
(ALTO ENTRECruzADO)



TEJIDO ENTRECruzADO
(2/1, 3/1, 2/2)
(MEDIO ENTRECruzADO)



TEJIDO SATINADO
(4, 5, 8, 11)
(BAJO ENTRECruzADO)



CINTAS UNIDIRECCIONALES
(NO EXISTE ENTRECruzADO)

Las fibras de refuerzo son materiales de alta resistencia, alta rigidez y baja densidad que proporcionan las adecuadas propiedades mecánicas al preimpregnado.

3.1.4. Materiales compuestos estructurales

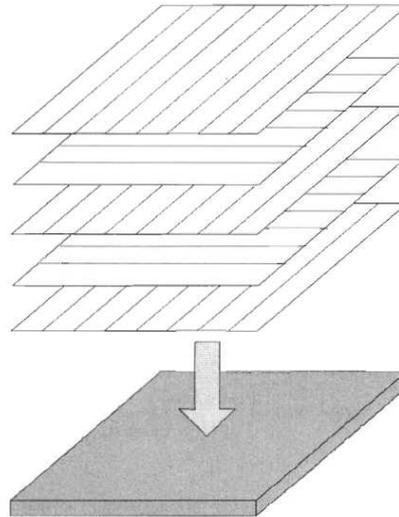
En estrecha relación con los materiales prepeg y la industria aeronáutica actual se encuentran los llamados "materiales compuestos estructurales", que forman el grupo más importante de estos materiales en el sector y, además, serán los más referenciados en este proyecto, de ahí que se comenten a continuación sus características más significativas.

Un material compuesto estructural está formado tanto por materiales compuestos como por materiales homogéneos, y sus propiedades no sólo dependen de los materiales constituyentes sino de la geometría del diseño ingenieril de los elementos estructurales.

Los compuestos laminares y los paneles "sandwich" son los compuestos estructurales más comunes.

MATERIALES COMPUESTOS LAMINARES

Un material compuesto laminar consta de láminas o paneles (llamados en producción con el nombre de “telas”) que tienen una dirección preferente con elevada resistencia, tal como ocurre en la madera y en los plásticos reforzados con fibras continuas y alineadas. Las capas se apilan y luego se pegan entre sí, de modo que la orientación de la dirección de elevada resistencia varía en cada una de las sucesivas capas.

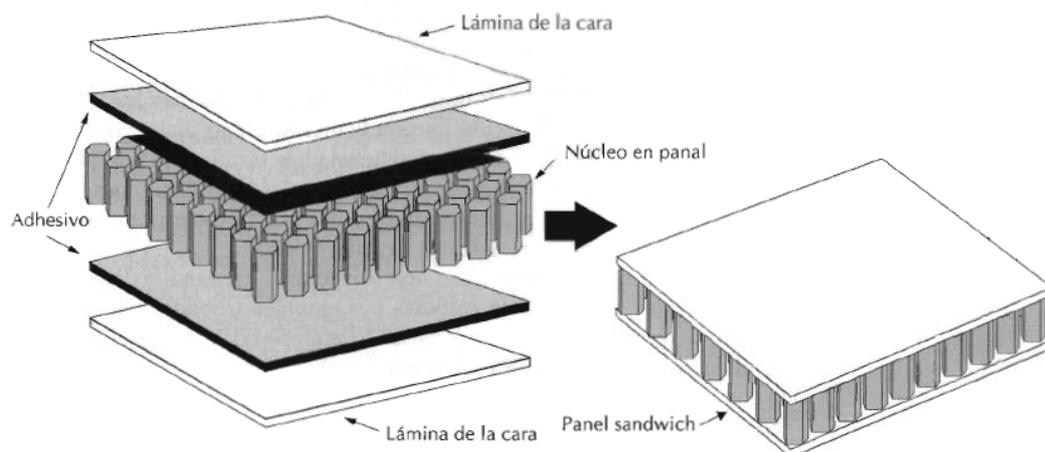


Así, un material compuesto laminar es relativamente resistente en varias direcciones del plano bidimensional; sin embargo, la resistencia en una dirección determinada es, desde luego, menor que la que resultaría del alineamiento de todas las fibras en esa dirección. Un ejemplo de una estructura laminar relativamente compleja es la de los esquís modernos.

PANELES SANDWICH

Los paneles sandwich consisten en dos láminas externas fuertes, o caras, separadas por una capa de material menos denso, o núcleo, que tiene baja rigidez y baja resistencia. Las caras resisten la mayor parte de las cargas en el plano, y también cualquier esfuerzo de flexión transversal.

Estructuralmente, el núcleo tiene dos funciones. En primer lugar separa las caras y resiste la deformación perpendicular al plano de la cara de una manera excepcional, como se verá posteriormente en este proyecto. En segundo lugar, aporta cierto grado de resistencia a la cizalladura a lo largo de los planos perpendiculares a las caras.



Quizás el núcleo más popular sea el que aparece en la imagen superior, llamado "en panal": delgadas láminas dispuestas en forma de celdillas hexagonales trabadas con sus ejes perpendiculares a los planos de las caras.

Algunas aplicaciones aeronáuticas de los paneles sandwich son: revestimiento de alas, fuselajes y planos estabilizadores de colas.

3.2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto está enfocado en el sector aeronáutico andaluz y dentro del mismo en el campo de los materiales compuestos. Esto se debe a la inmediata necesidad de creación de empresas capaces de hacer frente y explotar el creciente aumento de la carga de trabajo en el área de los materiales compuestos para la aviación. Se añade a ésta necesidad la fuerte tendencia de la industria aeroespacial a sustituir las antiguas estructuras metálicas por estructuras fabricadas en materiales compuestos, que aumentan la resistencia y disminuyen el peso.

El sector aeronáutico ha crecido tan rápidamente en Andalucía gracias al apoyo de organismos autonómicos que se concreta en actuaciones en diversos campos, como los definidos a continuación:

- Puesta en servicio de parques empresariales que favorezcan la implantación de nuevas empresas.
- Concesión de ayudas a las empresas (tanto las que ya trabajan en el sector como otras nuevas) para facilitarles sus procesos de adaptación a las exigencias que se derivan de los nuevos proyectos aeronáuticos.
- Promoción de las actuaciones precisas para que las necesidades que el sector aeronáutico tiene respecto del contexto territorial y social en el plano formativo, de servicios de alto contenido tecnológico y en infraestructuras, sean satisfechas de manera que permitan que en el eje Sevilla-Cádiz se configure el tercer polo de actividad en Europa de la primera empresa mundial de la industria aeroespacial y aeronáutica, como es EADS-CASA.

En ese sentido, se ha promovido la construcción del Parque Tecnológico Aeroespacial de Andalucía Aerópolis, en Sevilla, y el

Tecnoparque Bahía de Cádiz, Tecnobahía, en El Puerto de Santa María (Cádiz). El primero, inaugurado en noviembre de 2003, tiene ya varias empresas en producción y otras en proceso de construcción de sus instalaciones, así como está igualmente en proceso de construirse un centro de empresas para PYMES que financiará la Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía. En el segundo, situado en la carretera El Puerto de Santa María – Sanlúcar de Barrameda km 5.5, se ubica la planta de producción de piezas de materiales compuestos objeto de este proyecto.

De todos los programas aeronáuticos existentes en Andalucía, se comentan brevemente a continuación los 2 que más incidencia directa tienen sobre este estudio (programas Airbus):

► **A340-600**

El Airbus A340 es un avión civil de pasajeros de largo alcance y fuselaje ancho. Es muy similar al Airbus A330, pero lleva cuatro motores en vez de dos. El modelo A340-600 es el avión comercial más largo del mundo.

El programa A340 se lanzó en 1988, como un complemento de largo alcance del A320 de corto alcance y del A300 de medio alcance. En ese momento, el Boeing 767, que era el avión de fuselaje ancho y largo alcance más moderno del momento tenía una desventaja frente al B747 debido a un problema de ETOPS (normas de rendimiento operativo de bimotores en vuelos largos): las aeronaves bimotorizadas tenían que volar con aeropuertos de emergencia en un radio más próximo que las de cuatro motores. El A340 se ideó para solucionar este problema y, de este modo, poder competir con el B747.

Los ingenieros de Airbus diseñaron este avión a la vez que el A330, con el que comparte la misma ala y una estructura de fuselaje similar.

El A340 entró en servicio en 1993 con Lufthansa y Air France.

Se diseñó para sustituir a la primera generación del B747. Puede llevar 380 pasajeros en la configuración típica de 3 clases a 13900 km. Aunque puede llevar un número similar de pasajeros que los primeros B747, puede llevar el doble de carga con menores costes. El primer vuelo del avión se realizó el 23 de abril de 2001. Virgin Atlantic comenzó los vuelos comerciales en agosto de 2002.

Su longitud es de sólo cuatro metros menos que la del avión más largo del mundo, el Antonov An-225. Está impulsado por 4 motores turbofán Trent 556 de Rolls-Royce. Posee además cuatro ruedas adicionales en el eje central del fuselaje para soportar el aumento de peso.



► A400M

El Airbus A400M es un avión de carga, con cuatro motores turbopropulsados, diseñado por Airbus Military para cubrir las necesidades de transporte aéreo de los países europeos. Desde el lanzamiento formal de la aeronave, Sudáfrica, Chile y Malasia han encargado varias unidades.

Este avión militar se ha desarrollado principalmente como sustituto de los C-130s y C-160s, que actualmente son las principales aeronaves de

carga de los países miembros del grupo. Cuando se complete el A400M será el primer Airbus construido con propósito únicamente militar.

El A400M incrementará la capacidad de carga y el radio de alcance en comparación con las aeronaves que va a sustituir. La capacidad de carga se duplicará (tanto en peso como en tamaño). Al igual que otros aviones Airbus, el A400M tendrá una carlinga de vidrio donde se presentará toda la información a los pilotos y el sistema de control de vuelo "fly-by-wire" (también incorporado por el antes referenciado A340-600), lo que representa un salto cualitativo en comparación con los C-130s y C-160s.

Operará en múltiples configuraciones incluyendo transporte de carga, transporte de tropas, evacuación médica, repostaje aéreo y vigilancia electrónica.

El avión consta de 4 motores EuroProp TP400-D6. Esta elección ha sido un tema controvertido, ya que los motores Pratt & Whitney Canada eran los favoritos por costes de fabricación y técnicos. Una gran presión final de los países europeos miembros del grupo forzó a Airbus a elegir la opción de motores EuroProp.

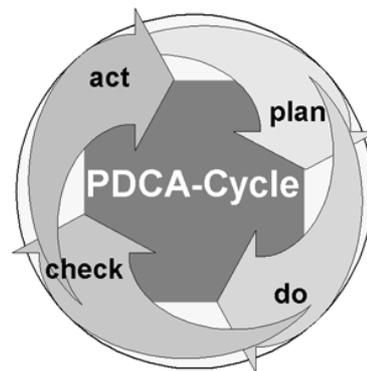


PHOTO AIRBUS MILITARY

3.3. EL "LEAN MANAGEMENT"

3.3.1. Introducción a la metodología "Lean"

La metodología Lean tiene su origen en los sistemas de producción de Toyota ideados por Taiichi Ohno (Toyota Production System), inspirado en los principios de Deming y su "círculo de mejora" (PDCA), y se remonta a los años 40, cuando las compañías de automoción japonesas se plantean cambios en los sistemas de producción derivados de la necesidad de atender mercados más pequeños con una mayor variedad de vehículos, lo que requería una mayor flexibilidad en la producción.



El círculo de mejora de Deming
"Planificar – Hacer – Comprobar – Actuar"

Por tanto, se trata de una metodología que permite principalmente la adaptación de los sistemas de producción a las modificaciones y cambios de la demanda, produciendo los bienes necesarios, en el momento oportuno y en las cantidades precisas, es decir permite lo que se ha venido a llamar una "producción esbelta" o "producción ágil". De hecho, el término "Lean", proveniente del inglés, significa literalmente "sin grasa", lo que viene a dejar claro que todo lo que se haga bajo esta filosofía debe estar libre de desperdicios, eliminándose todo aquello que no agregue valor al producto.

Pasarían, sin embargo, varias décadas antes de que la industria estadounidense reparara en los beneficios de dicha metodología y se interesara en adoptarla.

Los primeros en implantarla fueron los fabricantes de automóviles norteamericanos y, aunque originalmente la metodología fue utilizada únicamente en este sector y exclusivamente en las áreas de manufactura, en la actualidad su aplicación se ha extendido a todos los procesos empresariales de un negocio y no solamente en empresas industriales, sino incluso en empresas de servicios.

En Europa su introducción es más reciente, pero los resultados obtenidos, al igual que ocurriera en Japón y Estados Unidos, están siendo espectaculares.

3.3.2. El "Lean Thinking"

Tras estudiar y trabajar sobre esta metodología desde sus inicios hasta la actualidad, donde ya es una de las armas más poderosas para la mejora continua en las organizaciones, los expertos en gestión del todo el mundo han concluido que:

- Se puede doblar la productividad en todo el sistema.
- Se puede reducir el plazo de entrega y el inventario en un 90 %.
- Se puede reducir a la mitad el "time to market" (tiempo que tardan los productos desde que se idean hasta que están en el mercado) de nuevos productos.
- Se puede ofrecer a un coste reducido una gran variedad de productos.
- Se pueden reducir a la mitad los errores y el desecho en los procesos.

3.3.3. ¿Qué es la metodología Lean Management?

En palabras del ingeniero japonés Taiichi Ohno, quien fue sin lugar a dudas el impulsor de la filosofía Lean:

Lean Manufacturing

Es el sistema de fabricación desarrollado por Toyota que busca la optimización a lo largo de todo el flujo de valor mediante la eliminación de pérdidas y persigue incorporar la calidad en el proceso de fabricación reconociendo al mismo tiempo el principio de la reducción de costes"

- Taiichii Ohno

(Fuente: The Machine that Changed the World. 1990)

El término "Lean" o "esbelto" se aplica a todos los métodos que contribuyen a lograr operaciones con un *coste mínimo y cero despilfarros*.

Si se tiene en cuenta que los principales factores que inhiben a un proceso son su *variabilidad* (detrás de la variación, suelen existir causas asignables no identificadas ni resueltas que deben ser analizadas para eliminarlas de forma prioritaria), sus *pérdidas* y su *inflexibilidad* (es decir, que no se adapta a las necesidades del cliente), se podría decir que actuando sobre ellos es posible conseguir una importante mejora en los indicadores de rendimiento (outputs) como son la calidad, los costes y los plazos y tiempos.



En concreto, el principio fundamental de la metodología Lean es la detección de pérdidas y su posterior eliminación, o al menos reducción, entendiéndose por "pérdida" todo aquello que no incrementa el valor del producto *tal y como lo percibe el cliente* (es decir, todo aquello por lo que el cliente no está dispuesto a pagar).

Las pérdidas suelen suponer un amplio porcentaje dentro de lo que sería el trabajo en una organización y también respecto a lo que realmente viene a ser un valor añadido en él.

TRABAJO = VALOR AÑADIDO + PÉRDIDAS

Donde:

VALOR AÑADIDO es aquella parte del trabajo por la que el cliente está dispuesto a pagar.

PÉRDIDAS es aquello que incrementa los plazos, los costes y reduce la calidad. Por ejemplo: las esperas entre unas fases y otras del proceso, los stocks, el transporte del producto entre distintas fases del proceso o desde el centro de producción al consumidor, los sobreprocesamientos, la falta de calidad en un producto que precisa que se corrija, que se ejecuten garantías, etc., los movimientos innecesarios de las personas y la infrutilización del talento de los empleados.

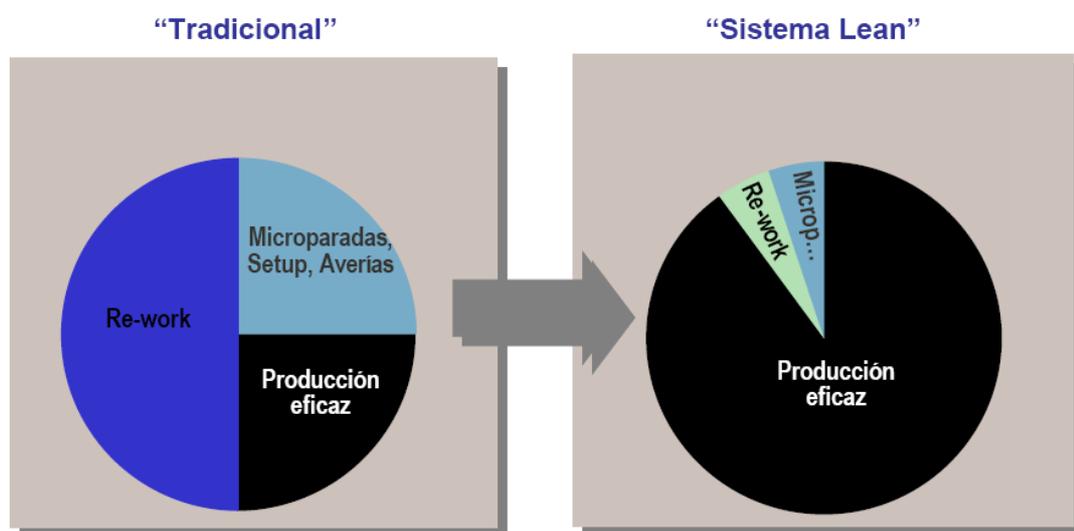
Al aplicar el Lean, la cadena de valor se analizará cuantitativa y cualitativamente para detectar las pérdidas. Una vez detectadas, se procede a la búsqueda de las causas raíces y a la adopción de acciones de mejora (denominadas en esta filosofía "palancas") que ataquen a las causas del problema y eliminen, o al menos disminuyan, dichas pérdidas.

"Todo el tiempo que se está trabajando con el producto, se añade a su coste pero no necesariamente a su valor"

Henry Royce, cofundador de Rolls Royce

Un aspecto importante en la metodología Lean es que ésta supone:

- Aprovechar la inteligencia y creatividad de todos los implicados en el proceso (por ejemplo agrupando a las personas para estudiar los problemas detectados y buscar soluciones).
- La adopción de un conjunto de herramientas de mejora (como por ejemplo las 5 S, Just in Time (JIT), Kanban, Poka-Yoke, etc.).



Mejorar el valor añadido eliminando el despilfarro

Así, se puede afirmar que, mediante el Lean la organización adopta una filosofía de gestión basada en la mejora continua que da sostenibilidad a los resultados y que implica a todos los niveles de la organización. Se trata, pues, de una *orientación radical hacia la calidad de servicio y el punto de vista del cliente*.

La parte fundamental de una implantación Lean es la que respecta al personal, ya que muchas veces implica cambios radicales en la manera de trabajar, algo que por naturaleza causa desconfianza y temor.

La gestión Lean es, más que una técnica, un buen régimen de *relaciones humanas*. En el pasado se ha desperdiciado la inteligencia y la creatividad del trabajador, a quien se le contrata como si fuera una máquina.

Es muy común que, cuando un empleado de los niveles bajos del organigrama se presenta con una idea o propuesta, se le critique y no se considere siquiera el análisis de su proposición. La filosofía Lean pretende cambiar la mentalidad de los jefes en las organizaciones, de modo que no hagan como que no ven la "luz en la bombilla" de sus trabajadores como si estos no tuvieran ni la capacidad ni el derecho a que se les encienda, ya que cuando ignoran este hecho, están incurriendo en un enorme despilfarro que, según la gestión Lean, no debe permitirse, pues están desperdiciando dinero.

El concepto de Lean Management implica la anulación de los mandos y su reemplazo por el "LIDERAZGO". La palabra "LÍDER" es la clave. Se pretende que la estructura de trabajo no sea de tipo vertical y centralizada como ocurre habitualmente, sino que se descentralice en una estructura horizontal formada por una serie de equipos de trabajo encaminados hacia diversos fines. Es por ello que en la gestión Lean Management el concepto de "El Factor Humano" cobra una importancia fundamental, y prácticamente se considera como una herramienta más de mejora, quizás la más utilizada de todas. Es necesaria la implicación y participación de todos, y un cambio de mentalidad para aceptar el concepto de "líder" como distinto al de "mando", algo que nunca resulta sencillo.

Es más, el resto de herramientas Lean que se aplicarán en este proyecto provienen directamente del uso del sentido común, no son técnicas complejas, sino sistemas de gestión que potencian los recursos humanos y eliminan "todo lo que sobra", es decir, lo que no agrega valor.

3.3.4. Beneficios del Lean Management

La implantación de esta metodología es importante en diferentes áreas, ya que se emplean diferentes herramientas (cuya aplicación en este proyecto se verá en capítulos posteriores, detallándose cada una de ellas y su objetivo), por lo que se beneficia a la empresa y sus empleados.

Algunos de los beneficios más importantes que genera son:

- Reducción de los costes de producción.
- Reducción de inventarios.
- Reducción de tiempos de entrega.
- Mejor calidad.
- Menor mano de obra.
- Mayor eficiencia de equipo.
- Disminución de los desperdicios.
- Disminución de la sobreproducción.
- Disminución de tiempos de espera (los retrasos).
- Optimización del transporte y de los movimientos.

3.3.5. Los 7 grandes desperdicios y las principales herramientas de la gestión Lean para enfrentarse a ellos

La filosofía Lean, para lograr sus objetivos, actúa sobre todos los desperdicios que se producen en las organizaciones. Como ya se ha visto, la clave del pensamiento Lean es eliminar los despilfarros, sea cual sea su clase.

Estos desperdicios (también llamados “mudas”) se agrupan en 7 tipos, que se presentan en el diagrama siguiente:



Y, además, a lo largo de todos los años de evolución de la metodología, los expertos han hablado de 2 desperdicios adicionales, tan importantes (y en ocasiones quizás más) que los 7 anteriores:



Para actuar sobre ellos, la gestión Lean propone una serie de herramientas de análisis que permiten, con un uso adecuado, avanzar en la mejora continua pretendida para alcanzar los objetivos citados en el subapartado anterior.

Algunas de las más utilizadas son las siguientes:

- Herramientas de identificación, análisis y resolución de problemas:
 - Tormenta de ideas o "brainstorming".
 - Diagrama de Pareto.

- Diagrama "causa – efecto".
- Kaizen.
- Kanban.
- Poka-Yoke.
- Luces Andon y tableros de información.
- Housekeeping / Las 5 S.
- JIT: Just in Time.
- TPM: Total Productive Maintenance.
- SMED: Single Minute Exchange of Die.
- El Factor Humano:
 - La mejora a través de las personas.
 - Inteligencia.
 - Imaginación.
 - Emotividad.
 - Motivación.
 - Participación.

Todos estos desperdicios y herramientas que se han referenciado en el presente subapartado se desarrollan en profundidad en los anexos I y II a la memoria descriptiva respectivamente, donde se establecen sus bases y cuáles son los factores sobre los que actúan para contribuir a la mejora continua objeto del Lean Management.

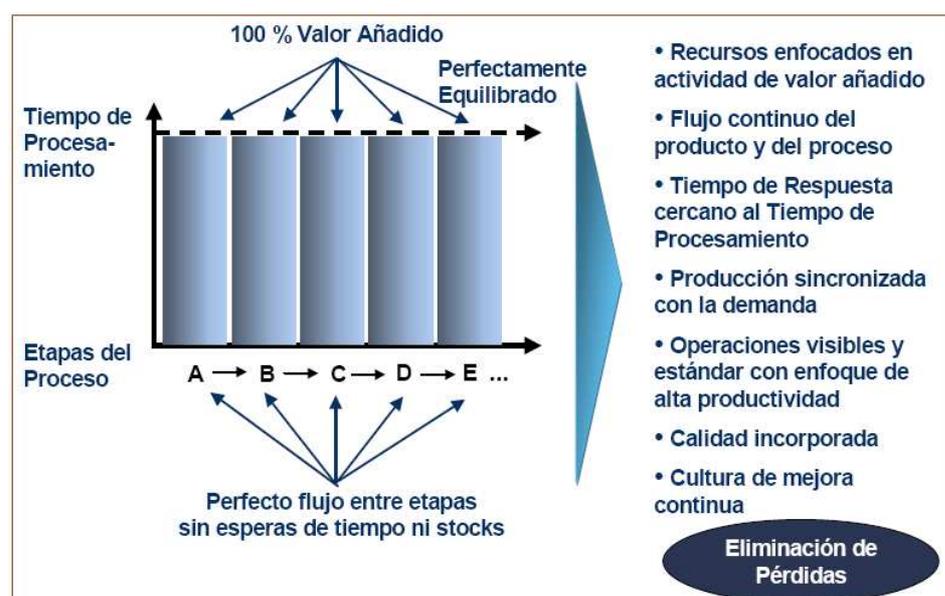
3.3.6. Los 6 principios claves del Lean Management

- Calidad perfecta a la primera: búsqueda de cero defectos, y detección y solución de los problemas en su origen.
- Minimización del despilfarro: eliminación de todas las actividades que no son de valor añadido y redes de seguridad, optimización del uso de los recursos escasos (capital, gente y espacio).

- Mejora continua: reducción de costes, mejora de la calidad, aumento de la productividad y compartir la información.
- Procesos "pull": los productos son tirados (en el sentido de solicitados) por el cliente final, no empujados por el final de la producción.
- Flexibilidad: producir rápidamente diferentes mezclas de gran variedad de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción.
- Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores tomando acuerdos para compartir el riesgo, los costes y la información.

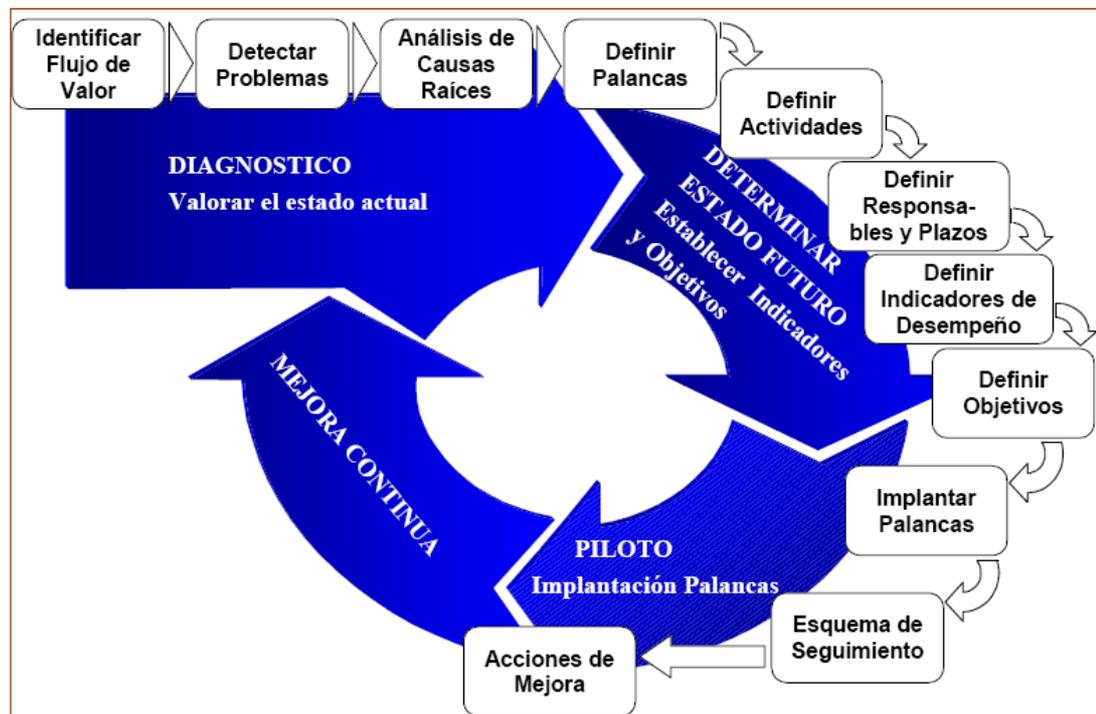
Resumiendo, “Lean” es básicamente todo lo concerniente a obtener las cosas correctas en el lugar correcto, en el momento correcto, en la cantidad correcta, minimizando el despilfarro, siendo flexible y estando abierto al cambio.

3.3.7. Estado ideal de un proceso tras la aplicación de la metodología Lean Management



3.3.8. Etapas generales de la metodología Lean Management

Al aplicar la metodología Lean Management las organizaciones deben seguir cuatro etapas principales las cuales a su vez se pueden desglosar en diferentes pasos tal y como se indica en la figura siguiente:



A) FASE DE DIAGNÓSTICO

En esta fase lo que se consigue es la valoración de la situación actual llevando a cabo una serie de pasos:

A.1) *Identificación del flujo de valor:* mediante el análisis de los procesos que lleva a cabo la organización se podrá llegar al conocimiento de las debilidades y fortalezas de la misma. Podrán identificarse de esta forma las áreas de mejora.

A.2.) *Detección de problemas:* una vez examinadas las áreas de mejora será necesario la identificación de los problemas que aparecen en ellas. Es decir, se llevará a cabo la búsqueda de actividades que no

agreguen valor mediante herramientas como la tormenta de ideas, el diagrama de Pareto, etc.

A.3) *Análisis de las causa raíces*: ante un problema y para su resolución es imprescindible el conocimiento de la causa que lo origina. Una vez completado este paso queda por finalizada esta etapa, y se podrá continuar con las siguientes.

B) FASE DE DETERMINACIÓN DEL ESTADO FUTURO

Una vez conocida la situación actual hay que dar una serie de pasos que constituyen esta fase:

B.1) *Definición de las palancas*: entendiendo el término "palanca" como aquellas actuaciones para avanzar hacia la eliminación de pérdidas y caminar hacia la mejora.

B.2) *Definición de actividades*: serán aquellas acciones que materialicen la consecución de las palancas.

B.3) *Definición de responsables y plazos*: ya se ha comentado en este proyecto que la implantación de esta metodología en cualquier organización necesita del respaldo y la implicación de todos los componentes de la misma. Por esta razón, deberán formarse grupos de trabajos dirigidos por un responsable para la realización de la implantación de las palancas en un plazo fijado.

B.4) *Definición de indicadores de desempeño*: todo proceso de mejora continua lleva implícito la necesidad de fijar unos indicadores que serán los que vayan marcando en qué etapa del proceso de mejora se encuentra la implantación. Para esto es muy importante la medición, llevada ésta a cabo mediante los indicadores.

B.5) *Definición de objetivos*: en este tipo de metodologías (y prácticamente en cualquier sistema de gestión de una organización) es de vital importancia que todos los implicados tengan muy claro qué se quiere conseguir con la implantación que se lleva a cabo.

C) FASE PILOTO

En esta etapa se busca que el proceso fluya de una actividad que agregue valor a otra. Los pasos para ello son:

C.1) *Implantación de palancas*: se procede a la implantación de aquellas actuaciones para la eliminación de las pérdidas definidas en la etapa anterior.

C.2) *Esquema de seguimiento de los indicadores*: será esencial el seguimiento de los indicadores fijados para, en el caso de que no se cumplan los objetivos establecidos, actuar en consecuencia a ello realizando acciones de mejora.

D) MEJORA CONTINUA

Una vez que una organización consigue dar los pasos iniciales, se vuelve claro para todas las personas involucradas en el proyecto que siempre es posible añadir eficiencia, por lo que el proceso Lean no termina en la fase piloto sino que se analizarán y aplicarán, de forma continua, todas las sugerencias de mejora que se vayan aportando (y que sean viables) en las reuniones periódicas que seguirá manteniendo el equipo Lean.

Es decir, la metodología Lean no debe utilizarse puntualmente en una organización y luego abandonarse, sino que debe aplicarse de forma continua en el tiempo, de ahí que se haya representado en la figura del comienzo del subapartado como un "ciclo".

Como se ha comentado con anterioridad, las herramientas más comunes en la gestión Lean se analizan en el anexo II a la memoria descriptiva. Su aplicación al proceso de producción de piezas de materiales compuestos en estudio se verá en capítulos posteriores una vez analizado en profundidad el proceso en sí en el próximo.

CAPÍTULO 4: PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PIEZAS DE MATERIALES COMPUESTOS

4.1. INTRODUCCIÓN AL PROCESO PRODUCTIVO

En la planta de materiales compuestos objeto del estudio Lean aquí proyectado se producen una gran variedad de piezas con finas muy diversos, aunque primordialmente son composites de fibra de carbono (matriz epoxy) que tiene como destino la industria aeronáutica, con clientes de la talla de SACESA o EADS-CASA; fabricando piezas del A340/600 para la primera, y del novedoso A400M para la segunda.



Imagen 1^{*}
Algunas piezas del A340/600



Imagen 2^{*}
Algunas piezas del A400M

*Nota: todas las imágenes numeradas según este formato (Imagen 1, Imagen 2, Imagen 3, etc.) corresponden a fotografías reales tomadas durante el periodo de análisis en la planta de materiales compuestos, de este modo se pretende mostrar dicho análisis de la forma más clara y real posible ya que es fundamental la perfecta comprensión del proceso productivo para poder proceder con las propuestas de mejora.

Además de la línea orientada al sector aeronáutico (con los programas anteriores como principal referencia aunque no los únicos que se trabajan), en la planta se producen una serie de elementos en fibra de carbono para una línea de producción denominada como "VIP", que incluyen entre otros artículos de joyería, regalos, etc. que son un auténtico ejemplo de la versatilidad de productos y del proceso productivo. Se muestran a continuación a modo de ejemplo imágenes de 4 de estos productos obtenidas del catálogo de la línea de negocio "VIP": colgante y pendientes de señora, cubilete portalápices y bloc de notas, todos en fibra de carbono.



A pesar de que no todas las piezas necesitan de las mismas operaciones para su fabricación, la esencia del proceso es la misma en todas: se producen mediante el proceso de "CURADO EN AUTOCLAVE" (también conocido a veces como "HAND LAY-UP", consistente en esencia en, partiendo de telas de material preimpregnado de unas determinadas características, ir apilándolas unas sobre otras sobre un "útil" en cuestión siguiendo una determinada secuencia previamente determinada por

ingeniería y realizando compactaciones para ir logrando el espesor requerido. Posteriormente se someten al proceso de polimerización (curado) en un autoclave para obtener la pieza deseada, todo ello siguiendo un proceso muy minucioso que es preciso conocer al milímetro para poder emitir valoraciones y de ese modo proponer acciones de mejora.

Como ya se ha comentado a lo largo del proyecto, el Lean Management no se limita a considerar únicamente el proceso productivo propiamente dicho en lo que se refieren a las operaciones más "físicas", en las que se produce un cambio desde las materias primas hasta los productos finales, sino que debe actuar sobre toda la cadena de valor del producto, siempre centrándose en ese concepto de *valor* como aquello por lo que el cliente está dispuesto a pagar, por lo que el proceso debe considerarse como tal desde el mismo momento en que el cliente se pone en contacto con la empresa hasta el momento de la entrega final, ya que es en todo ese "recorrido" donde van a producirse desperdicios del tipo de los considerados en la filosofía Lean, y no sólo en las actividades que más tradicionalmente se denominan "de producción".

Por todo ello, se dedica este capítulo en su totalidad a la primera parte del análisis en tiempo real objeto del proyecto: el estudio detallado del proceso de producción de piezas de materiales compuestos. Este estudio será fundamental para la determinación del estado actual del mismo (de hecho forma parte indispensable de dicha determinación), así como actuará de base de referencia para las posteriores propuestas de mejora.

A pesar de que como se ha comentado se producen una gran variedad de piezas, para las imágenes y ejemplos se tomarán los programas del A340/600 y del A400M por ser los de mayor incidencia en la planta en el momento de la implantación Lean.

4.2. PROCESOS OPERATIVOS EN LA PLANTA DE COMPOSITOS

Los diferentes procesos que tienen lugar para transformar los pedidos de los clientes en piezas entregadas pueden agruparse en:

- Evaluación de requisitos.
- Diseño y desarrollo.
- Planificación de la producción.
- Operación en el área limpia.
- Operación en el área de autoclave.
- Operación en el área de recanteo.
- Control de la producción.
- Preparación de envío y de expedición.

Debe comentarse que el proceso productivo está regulado por la normativa aeronáutica actual, así como por la normativa interna aeronáutica (procedimientos) de la propia planta de materiales compuestos.

La norma fundamental de fabricación es la R+W-K-766, referente a la *fabricación de estructuras con materiales compuestos de fibra de carbono (laminados y "sandwich")*. Gran parte de la normativa interna es adaptación de esa normativa externa.

A continuación se estudian los diversos procesos citados con anterioridad, incluyéndose en los casos necesarios imágenes y capturas reales obtenidas durante el análisis "in situ" que ayuden a dejar perfectamente claras cada una de las etapas que acontecen en la producción. Posteriormente se hará referencia al proceso productivo según lo expuesto en el presente capítulo.

Al ser un análisis de Lean Management centrado en unos lotes de producción concretos, no se han considerado los dos primeros procesos operativos de "evaluación de requisitos" y "diseño y desarrollo", puesto que para los programas a analizar ya habían tenido lugar y a pesar de existir datos sobre la misma, el carácter de "tiempo real" del análisis no permite su inclusión en base a datos y observaciones no tomados directamente por el proyectista; no obstante en cualquier nuevo programa de producción estas etapas deben estar presente y estudiarse del mismo modo que el resto.

4.3. PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

4.3.1. Misión

La misión de la planificación de la producción es garantizar que la producción se realiza en los plazos planificados, asegurando la conformidad y la satisfacción del cliente.

4.3.2. Propietario del proceso

El propietario del proceso es el gerente de la división de materiales compuestos de la planta.

4.3.3. Variables de entrada

- Contratos.
- Programas.

4.3.4. Variables de salida

- Órdenes de producción.
- Planificaciones de programas.

4.3.5. Objetivo del proceso

Conseguir el cumplimiento del 100 % de la producción con respecto a la planificada.

4.3.6. Nivel de capacidad

Cumplimiento del 75 % de la producción con respecto a la planificada.

4.3.7. Indicador de nivel

$$IECP = \frac{\sum OPP}{\sum OPT} \cdot 100$$

- OPP: nº de órdenes de producción ejecutadas en el plazo planificado.
- OPT: nº de órdenes de producción totales.

4.3.8. Esquema gráfico del proceso

Véase anexo III.

4.3.9. Procedimiento de preparación de órdenes de producción

A continuación se enumeran y desarrollan las actividades a seguir para la preparación de las "órdenes de producción", a partir de las cuales se registrarán las distintas operaciones del proceso productivo de piezas de materiales compuestos. Es en este momento normalmente cuando en la bibliografía especializada se considera que comienza la producción propiamente dicha.

Una orden de producción (también conocida como orden de trabajo) es un documento indispensable para poder llevar a cabo la producción de una pieza, y debe acompañar a ésta durante todo el proceso. A continuación se presentan algunos conceptos de vital importancia en ingeniería de producción y que son necesarios para entender correctamente la función de las órdenes de producción, cuya rápida y ágil gestión será uno de los principales objetivos de este proyecto en cuanto a mejoras se refiere ya que pueden ayudar muchísimo a eliminar tiempos que no agregan valor.

Cada pieza determinada viene definida por un código o “Part Number” (P/N) que la define. Si dos piezas tienen el mismo P/N, es que ambas piezas son iguales. Un P/N define las dimensiones de una pieza (largo, ancho, espesor, etc.), así como el material de la misma, el nº de telas de material preimpregnado necesarias para producirla, etc.

Algunos ejemplos de P/N concretos que se trabajan en la planta de son los siguientes:

- G551-82164-000C01: pieza del A340/600 de 30 telas de tejido de fibra de carbono.
- G551-82174-000B01: pieza del A340/600 de 20 telas de tejido de fibra de carbono.
- M551-B2152-200: pieza del A400M de 12 telas de tejido de fibra de carbono obtenida tras el recorte de una barra de P/N PEAU-01-M551-B2152-200 (de la que también se obtienen 2 piezas de P/N M551-B2182-200).
- M551-B2153-200: pieza del A400M de 12 telas de tejido de fibra de carbono y una tela adicional de fibra de vidrio obtenida tras el recorte de una barra de P/N PEAU-01-M551-B2153-200 (de la que también se obtienen otras piezas).

El "programa" es otro de los datos importantes que aparecen en una orden de producción. Éste se refiere al "grupo mayor" al que pertenece el P/N objeto de la orden, es decir, el P/N M551-B2152-200 (citado anteriormente como ejemplo) pertenece al programa "A400M", y este dato es también de gran importancia en las órdenes de producción. Un P/N de una pieza del A340/600 pertenece al programa "A340", mientras que otro tipo de pieza que se produzca pertenecerá a otro programa determinado.

Muy relacionado con el concepto de programa está el de la "serie", que es incluso más relevante si cabe que el anterior en una orden de producción, pues provee de una mayor información. La serie se refiere al "grupo menor" al que pertenece el P/N objeto de la orden. Un programa se subdivide en distintas series, normalmente llamadas por el nombre de "aviones". Siguiendo con el mismo ejemplo, el P/N M551-B2152-200 puede tener como serie "A400M-AVIÓN 6", donde como se ve aparece el programa al que pertenece la serie, así como el nº de avión al que pertenece la pieza.

Así pues, puede concluirse que un "programa" está formado por distintas "series" de producción, y cada una de estas series estará formada por un nº determinado de piezas con sus P/N correspondientes. Toda esta información es esencial y debe aparecer claramente visible en las distintas órdenes de producción que se usen en la planta de producción de composites, ya que se trata del documento base de fabricación y en definitiva el que permite lanzar la producción de una determinada pieza.

Cada pieza debe llevar pues su correspondiente orden de producción para ser producida (nunca deben encontrarse piezas sin sus órdenes), con todas las operaciones necesarias para fabricarla. Cada vez que se complete una operación concreta, la persona indicada (operario, verificador, etc.) que la haya realizado debe sellar dicha operación en la orden de producción, anotando también la fecha junto a su sello, para asegurar la trazabilidad de

la pieza a lo largo de todo el proceso productivo. En teoría no debe comenzarse una operación hasta que no se ha comprobado que la anterior se encuentra sellada y fechada. La orden también debe ir sellada por el responsable de producción para que tenga validez.

Es por todo lo que acaba de comentarse que la preparación y lanzamiento de órdenes de producción, a pesar de poder parecer simple y rutinaria, es uno de los aspectos de mayor importancia porque va a ser el documento que permite que se produzca el arranque de la producción de una pieza determinada.

La planificación de la producción es una de las muchas actividades que en la planta se lleva a cabo mediante la utilización de la "Base de Datos de Control de Gestión", subdividida en diversas bases de datos cada una de ellas con una función determinada. Todas estas bases de datos están construidas en el software Microsoft Access y por tanto su uso está totalmente limitado a las posibilidades de dicho programa, y a sus características intrínsecas y extrínsecas.

La gestión de los P/N y de las órdenes de producción se realiza con dos bases de datos principalmente, una denominada "Listado de Piezas", en la que se configuran los distintos P/N, y otra denominada "Planificación de la Producción", en la que, a partir de los datos de la base de datos anterior, se configuran y se lanzan las distintas órdenes de producción en sí.

La planificación de la producción parte de un documento desarrollado para cada uno de los programas que se desarrollan en la planta. Dicho documento recibe el nombre de "Planificación de Programa".

4.3.9.1. Configuración de P/N

El técnico en cuestión accede a la citada base de datos que contiene el listado de piezas (P/N) y, como en cualquier base de datos, debe definir los distintos campos de la misma. Al ser una base de datos que pretende configurar un P/N, la información necesaria y de la que el técnico debe disponer clara y precisamente es fundamentalmente la siguiente:

- Part Number (pieza): el nombre/código que define a la pieza. Es el campo de valor principal de esta base de datos.
- Tipo de P/N (pieza): normalmente se indica si es un P/N de una pieza elemental o de una pieza de la cual se obtienen otras tras una operación de recanteo (P/N padre).
- Descripción: información relativa a la pieza en sí.
- Nº de piezas final: en el caso de que sea un P/N padre, las piezas que se obtienen tras recantearlo.
- Datos de diseño de la pieza: son aquellos que definen a la pieza a la que corresponde el P/N, tales como espesor de la misma, largo, ancho, peso, etc.
- Datos de diseño de la bolsa de vacío: la mayoría suelen coincidir prácticamente con los datos geométricos de la pieza. Los más usuales son el ancho, largo y alto de la bolsa, el espesor de una tela del material preimpregnado que se usa en la fabricación, el nº de telas necesarias, la contracción de espesor, el nº de telas por compactación, etc.
- Secuencia de telas: además de la cantidad de telas necesarias de material preimpregnado necesarias para obtener el espesor deseado en la pieza, deben indicarse algunos parámetros más que definan el apilado. Se indica para cada tela si se coloca la misma con una operación de "apilado" o de "compactado" (este último suele realizarse cada 3 telas), además de las dimensiones

de cada tela y su orientación, y por supuesto también el material de cada una (un tipo de tejido, cinta, etc.).

- Código de material: identificación de los distintos materiales usados en la fabricación del P/N. Se incluyen tanto los materiales llamados "avionables" (van a formar parte de la pieza final) como los "no avionables" (material auxiliar de fabricación). Para cada uno de ellos se define el consumo estimado (a priori, medido en las correspondientes unidades al tipo de material en cada caso), el proveedor y el precio unitario (procedente de una base de datos destinada únicamente a proveedores), así como una descripción que permita identificar al mismo debido al formato poco intuitivo del código.
- Configuración de producción: este es uno de los apartados más importantes ya que es donde se definen las operaciones aplicables al P/N, es decir, las que son necesarias en el proceso productivo para fabricar la pieza en cuestión. Estas operaciones proceden de otra base de datos en la que aparecen recogidas todas sus características, y que serán visibles cuando se imprima la orden de producción. Cada operación a su vez contiene diversos campos, entre los que destacan el tiempo empleado (a pesar de que prácticamente nunca se define debido al escaso control que se tiene de este aspecto, algo que se intentará mejorar con este proyecto), las horas-hombre y horas máquina, así como la zona de la planta donde se lleva a cabo dicha operación (siempre que no sea una actividad subcontratada).

Es muy común que no se completen todos los campos de la base de datos debido a la poca flexibilidad que presenta el software en cuestión, de modo que suele trabajarse con los más relevantes, siempre y cuando los valores principales estén correctamente definidos. En la imagen siguiente se recoge una captura de la BD de configuración de P/N utilizada en la planta.

SIMULADOR DE COSTES Y CONSUMOS A-400M-PROB.CONTROL

DATOS DE CÁLCULO DE COMPACTACIONES

ESPESOR DE TELA (mm)	NÚMERO DE TELAS	NÚMERO DE COMPACTACIONES	NÚMERO DE PIEZAS FINAL
0,201	10,753	3,667	1,00

SECUENCIA DE TELAS Y DATOS DE DISEÑO DE BOLSA DE VACÍO PARA VARIOS MATERIALES

OPERACIÓN	CÓDIGO MATERIAL	NÚMERO TELA (PLY)	ESPESOR TELA MM	LARGO TELA MM	ANCHO TELA MM	ORIENTACIÓN
COMPACTACIÓN	AGP-193PW/8552S RC40%		0,205			0°

ESPESOR TOTAL MATERIALES POR PEAU: 1,31

Registro: 1 de 10

CONFIGURACIÓN DE MATERIALES

CÓDIGO DE MATERIAL	CONSUMO	UNIDADES	PRECIO UNIT.	PROVEEDOR	NOTA ADICIONAL
FLASHBREAKER 1 3/4" x 72 yd	0	ROLLO	5,30 €	AERO CONSULTANTS LTD.AG	CINTA FLASHBREAKER DE SUJECCIÓN COLOR AZUL. MEDIA PULGADA DE ANCHO. 85,84 METROS DE LARGO POR ROLLO. ZS24.272.ALMACENAJE A (5/28°C)

COSTE TOTAL MATERIALES POR PEAU: 0,00 €

COSTE TOTAL MATERIALES POR PIEZA: 0,00 €

Registro: 1 de 7

CONFIGURACIÓN DE PRODUCCIÓN

CÓDIGO OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN	TIEMPO EMPLEADO HORAS	HORAS HOMBRE	HORAS MAQUINA	UBICACIÓN

Registro: 1 de 286

Una vez cargado el P/N, antes de proceder a la configuración y lanzamiento de la orden de producción, éste debe ser validado por el ingeniero de producción responsable, verificando que cumple todos los requisitos y que existe concordancia con lo planificado anteriormente.

4.3.9.2. Lanzamiento de órdenes de producción

Una vez está validado por producción el P/N, puede prepararse la orden a través de su correspondiente base de datos de planificación de la producción. Muchos de los datos son directamente dependientes de los definidos en la base de datos de configuración de P/N, otros son específicos y deben definirse en este momento de acuerdo a cada orden de producción en concreto:

- Fecha de inicio prevista: el día, mes y año en el cual está previsto el inicio de la fabricación del P/N de la orden de producción.

- Fecha de inicio real: aquella en que realmente comienza la producción (suele rellenarse pues más tarde).
- Fecha de fin prevista: el día, mes y año en el cual está previsto el fin de la fabricación del P/N de la orden de producción.
- Fecha de fin real: aquella en que realmente termina la producción (suele rellenarse pues más tarde).
- Part Number (pieza): el de la pieza objeto de la orden.
- Programa: el que corresponda según los que haya disponibles.
- Serie: aquella en particular donde se sitúe la pieza en cuestión.
- Responsable: la orden debe ir cerrada (una vez impresa) por el responsable de producción de la planta por medio de su sello.
- Código de material: código del rollo de material preimpregnado que se usará en la fabricación del P/N.
- Cantidad de consumo prevista: unidades estimadas del material en cuestión que se estiman serán necesarias para la fabricación.

El informe que se obtiene de esta base de datos es la orden de producción correspondiente que se entregará al operario para su ejecución, una vez cerrada por el responsable de producción. Previamente deberá comprobarse que no falta ninguna página en la misma, y que contiene todas las operaciones requeridas para ese trabajo.

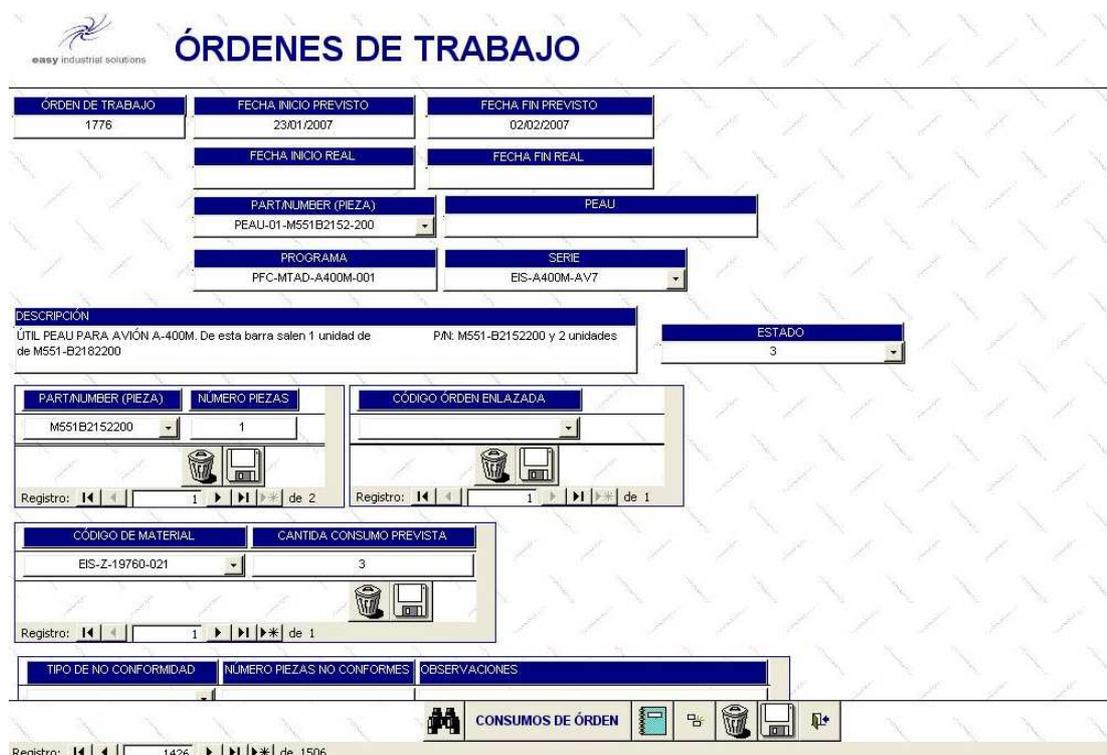
Los operarios deben comprobar cuando soliciten las órdenes que la primera hoja de la orden está sellada por el ingeniero de producción. Si por algún motivo llegase alguna orden sin la validación adecuada, es decir, que no contenga el sello en la primera página de la orden en el recuadro que dice, “orden cerrada por”, los operarios serán los primeros en detectar esta anomalía, e informarán con la mayor brevedad posible al ingeniero de producción encargado de validar las órdenes, puesto que los operarios no

pueden comenzar a producir con una orden que no esté validada de la manera acordada.

Es muy importante que las órdenes de producción sean entregadas a los operarios sin ningún tipo de posibilidad de confusión, del modo más ordenado posible y si es posible en fundas de plástico que eviten su deterioro durante el proceso productivo (debe recordarse que la orden debe acompañar a la pieza en todo momento a lo largo del proceso).

Después de generar la orden de producción, debe adosársele la etiqueta identificativa del material que se ha empleado para hacer la pieza y la hoja de control de vida del material correspondiente, que podrá ser tejido o cinta de fibra de carbono, fibra de vidrio, etc.).

La siguiente imagen muestra una captura de la base de datos usada para preparar las órdenes de producción:



ÓRDENES DE TRABAJO

ÓRDEN DE TRABAJO 1776	FECHA INICIO PREVISTO 23/01/2007	FECHA FIN PREVISTO 02/02/2007
	FECHA INICIO REAL	FECHA FIN REAL
PART NUMBER (PIEZA) PEAU-01-M551B2152-200	PEAU	
PROGRAMA PFC-MTAD-A400M-001	SERIE EIS-A400M-AV7	

DESCRIPCIÓN
 ÚTIL PEAU PARA AVIÓN A-400M. De esta barra salen 1 unidad de de M551-B2182200 PN: M551-B2152200 y 2 unidades

ESTADO
3

PART NUMBER (PIEZA) M551B2152200	NÚMERO PIEZAS 1	CÓDIGO ÓRDEN ENLAZADA
-------------------------------------	--------------------	-----------------------

Registro: 1 de 2

CÓDIGO DE MATERIAL EIS-Z-19760-021	CANTIDA CONSUMO PREVISTA 3
---------------------------------------	-------------------------------

Registro: 1 de 1

TIPO DE NO CONFORMIDAD	NÚMERO PIEZAS NO CONFORMES	OBSERVACIONES
------------------------	----------------------------	---------------

Registro: 1426 de 1506

CONSUMOS DE ÓRDEN

Otras bases de datos relacionadas con la planificación de la producción son la de "Control y Consumo de Material" y la de "Gestión de Ciclos de Autoclave". Ambas siguen el mismo esquema que las anteriores. En la primera de ellas se gestiona todo lo referente al material preimpregnado que se recibe y que se utiliza en la fabricación de piezas de materiales compuestos, es decir, fechas de entradas y salidas de la sala limpia (o área de Hand Lay-Up, donde se produce el apilado), tiempo de vida restante al material, etc. En la segunda se gestiona todo lo relacionado con la operación de autoclave, fecha prevista y real del ciclo de curado, duración del ciclo, código de la orden de trabajo, tipo de ciclo, etc. El método de trabajo para los técnicos de la división de materiales compuestos sobre estas bases de datos es análogo al de las anteriores.

Debe mencionarse que esta etapa del proceso de producción se ve altamente influenciada por las herramientas informáticas (tanto físicas, "hardware", como lógicas, "software") de que se dispone, así como de la infraestructura general del servicio de la red de ordenadores de la planta. Respecto a este tema también debe indicarse que todas las bases de datos de gestión usadas en la planta se encuentran alojadas en un dispositivo hardware específico denominado "Servidor de Datos" (que no viene a ser más que un HDD, Hard Drive Disk, "disco duro") junto con toda la documentación conjunta de la planta, al que los distintos técnicos tienen acceso a través de un nombre de usuario y una contraseña personal, y que permite que varias personas puedan trabajar al mismo tiempo sobre una misma base de datos en sus respectivos puestos.

4.3.9.3. Personal responsable

- Técnicos de la división de materiales compuestos de la planta.
- Responsable de producción.

4.4. OPERACIÓN EN EL ÁREA LIMPIA

4.4.1. Misión

La misión de la operación en el área limpia es garantizar que las actividades que se llevan a cabo en la misma se realizan de forma correcta, minimizando las no conformidades en las mismas, y que los distintos productos fabricados cumplan con las especificaciones y normativa requeridas.

4.4.2. Propietario del proceso

El propietario del proceso es el gerente de la división de materiales compuestos de la planta.

4.4.3. Variables de entrada

- Órdenes de producción.
- Libros de Lay-Up.
- Materia prima.
- Material auxiliar.
- Utillaje.
- Herramientas.
- Recursos humanos.

4.4.4. Variables de salida

- Kits.
- Elementos de curado.
- Residuos de materia prima.

- Residuos de material auxiliar.
- Órdenes de producción.

4.4.5. Objetivo del proceso

Conseguir un 100 % de órdenes de producción ejecutadas sin ningún tipo de incidencia (de corte de telas, compactación, apilamiento y de bolsas de vacío no conformes).

4.4.6. Nivel de capacidad

Conseguir al menos un 75 % de órdenes de producción ejecutadas sin ningún tipo de incidencia de las citadas en el punto anterior.

4.4.7. Indicador de nivel

$$IOAL = \frac{\sum OPSI}{\sum OPT} \cdot 100$$

- OPSI: nº de órdenes de producción sin incidencias.
- OPT: nº de órdenes de producción totales.

4.4.8. Esquema gráfico del proceso

Véase anexo III.

4.4.9. Procedimiento de corte de telas

A continuación se va a definir la metodología seguida en el proceso productivo para llevar a cabo el corte de las telas de material preimpregnado

para la fabricación de los distintos P/N, así como la formación e identificación de los kits correspondientes para su almacenamiento en la cámara frigorífica.

El corte de telas es una operación que puede llevarse a cabo de modo automático (mediante el uso de máquinas de corte específicas) o de modo manual, que es como se realiza en la planta de composites objeto del proyecto.

4.4.9.1. Herramientas necesarias

- Cutter.
- Regla metálica calibrada.
- Escuadras y cartabones metálicos.
- Plantillas de corte (en casos muy concretos).

4.4.9.2. Vestuario necesario

Mientras se lleva a cabo el corte de telas, es de obligado uso utilizar:

- Guantes blancos de algodón.
- Bata blanca.

4.4.9.3. Condiciones controladas de la sala limpia

En general, está totalmente prohibido el acceso a la sala limpia sin estar provisto de bata blanca, estando la misma en un óptimo estado de limpieza, ya que debe evitarse todo aquello que pueda contribuir a contaminar el ambiente de dicha sala.

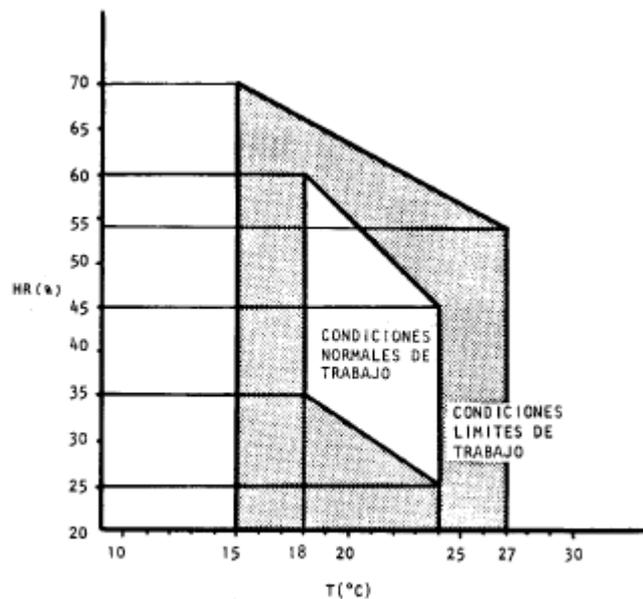


Imagen 3
Panorámica de la sala limpia
(mesas de trabajo)



Imagen 4
Panorámica de la sala limpia
(portarrollos de material)

La sala limpia es un área aislada, con temperatura y humedad controladas, que debe cumplir los requisitos que indica la figura siguiente, según la norma aeronáutica R+W-K-766:



El tiempo máximo de permanencia de los materiales preimpregnados y adhesivos en condiciones límite de trabajo es de 24 horas en continuo ó 36 horas en periodos acumulativos en un intervalo de 72 horas.

Estas condiciones se controlan mediante un armario de control instalado en la sala limpia, que se encarga de mantener los valores de temperatura y humedad dentro de la misma en los valores adecuados mediante los correspondientes valores de Set Point (normalmente en torno a 20 °C de temperatura y a un 50 % de humedad relativa).



Imágenes 5 y 6
Armario de control de las condiciones de la sala limpia

La limpieza de la sala limpia es uno de los parámetros más importantes para el trabajo que se desarrolla en la misma, de ahí que según la norma R+W-K-766 en general esté rigurosamente prohibido en su interior:

- Uso y manejo de desmoldeantes.
- Motores o equipos que desprendan aceites, grasas, lubricantes, humos o cualquier otro tipo de contaminante.
- Comer, beber, fumar, utilizar ceras o siliconas no polimerizadas y cualquier sustancia que actúe en detrimento de una buena adhesión de los materiales.
- El uso de útiles y herramientas con deficiente estado de limpieza.
- Lijado y limpieza con disolventes en la preparación superficial previa.
- Cualquier recipiente que pueda contaminar el área limpia.

- Limpieza de útiles y la aplicación de agentes desmoldeantes.

El suelo de la sala limpia está pavimentado con materiales que facilitan su limpieza, y las paredes recubiertas de pintura lavable no desconchable.

Con objeto de evitar contaminaciones procedentes del exterior en el área de montaje de telas, se mantiene una sobrepresión mínima de 0.5 mm de columna de agua, controlada mediante un medidor de presión diferencial con precisión suficiente para garantizar dicha medida. La sala limpia además posee un sistema de doble puerta tipo esclusa.



Imagen 7
Medidor de presión diferencial

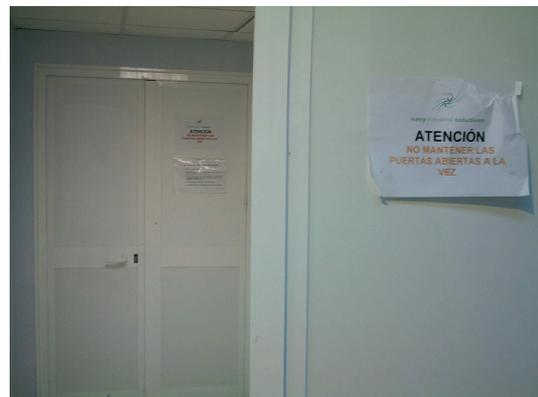


Imagen 8
Sistema de doble puerta
(no deben permanecer abiertas a la vez)

Así mismo, al menos una vez al mes debe controlarse la concentración de partículas de tamaño superior a 5 μm dentro de esta zona mediante un sistema de filtros que debe ser comprobado también al menos una vez al mes. La concentración de partículas de este tipo máxima admisible es de 50 partículas por litro de aire. Este control mensual se realiza actualmente de modo subcontratado.

4.4.9.4. Atemperamiento del material

Cuando el material preimpregnado se recepciona, como se vio en el capítulo 3, se debe almacenar a baja temperatura en una cámara frigorífica para evitar que se produzca el curado a temperatura ambiente. Según la norma aeronáutica de fabricación, en general y salvo indicación específica, los materiales preimpregnados y adhesivos estructurales se deben almacenar a una temperatura igual o inferior a -18 °C en bolsas de polietileno perfectamente selladas y siempre que sea posible en sus embalajes originales.

Cuando se traslada el rollo de material preimpregnado a la sala limpia, debe permanecer en ella 4 horas (atemperamiento) antes de proceder al corte de las telas/kits necesarios.

Para controlar que dicho atemperamiento se ha llevado a cabo, se revisa la hoja de control de vida, que va anexa a cada material, consultando en ésta la hora de entrada del material en la sala limpia. Una vez ha transcurrido el tiempo necesario, puede procederse con el corte de las telas/kits correspondientes.

4.4.9.5. Corte de telas

Para desarrollar el corte de las telas/kits, se debe consultar la documentación que se describe a continuación:

- Orden de producción: se consulta el material y número de rollo del cual deben cortarse las telas/kits asociados a la misma, así como las dimensiones de las mismas.
- Libro de Lay-Up: se consultan las dimensiones de las telas (verificando que son las que aparecen en la orden de producción),

así como la orientación que debe llevar el corte sobre el rollo de material preimpregnado.

Todos los pasos ordenados necesarios para realizar el corte de telas son los que se presentan a continuación:

1º) Se extrae el material preimpregnado del envoltorio, cuidando al máximo el trato que se le da al material, y evitando tocarlo en todo momento si no se poseen guantes adecuados.

2º) Posicionamiento del rollo de material en el área de corte de la mesa de trabajo.

3º) Colocación de las herramientas de corte en la posición adecuada para realizar el corte de acuerdo al tamaño y orientación de la tela.

4º) Corte de la tela según el libro de Lay-Up y la orden de producción correspondientes.



Imágenes 9 y 10
Rollo de prepeg. de fibra de carbono situado para el corte de telas



Imágenes 11 y 12

Operario realizando el corte de telas del rollo de material prepeg.

Estos pasos se repiten tantas veces como telas haya que cortar para formar el kit, en las orientaciones reflejadas en el libro de Lay-Up.

Cada tela debe ser identificada tras su corte mediante un código compuesto por el nº de la orden de producción, y el nº de la tela que forma parte del kit perteneciente a la dicha orden.

Una vez se ha llevado el corte de todas las telas se realiza una inspección visual, comprobando que no existen:

- Contaminaciones.
- Desgarraduras.
- Cortes o geometría distinta de la indicada en el plano.

4.4.9.6. Formación de kits

A no ser que las telas cortadas vayan a ser apiladas inmediatamente después del corte, deben ser agrupadas e identificadas en kits, para su posterior almacenaje en la cámara frigorífica.

Para ello, se siguen los siguientes pasos:

- Corte de la bolsa de protección: normalmente se utiliza bolsas tubulares de polietileno, que deben cortarse en función del tamaño de las telas cortadas que van a formar parte del kit en cuestión.



Imagen 13

Portallos de material de la sala limpia, con material tubular de polietileno para el envasado de kits en su zona inferior

- Introducción del kit en la bolsa protectora: se debe introducir el kit de telas cortadas en la bolsa protectora, con sumo cuidado, para no dañar el material preimpregnado.
- Identificación del kit: debe obtenerse la etiqueta identificativa del kit a través de la ya citada base de datos de "Control y Consumo de Material", en la que se controlan todos los rollos de material preimpregnado que se almacenan en la cámara frigorífica, de modo que para cada rollo se anotan fechas y horas de entrada y salida de la sala limpia, consumo que se ha producido en el corte de telas de dicho rollo, programa destinatario de dichas telas, así como el código de la orden de producción del P/N a fabricar con las mismas. La identificación del kit se asigna con el P/N de la pieza a fabricar y el código de la orden de producción. Para cada

kit se imprime una hoja de control de kit, indicando la fecha y hora de entrada y salida del kit en la sala limpia. Esta etiqueta, que define perfectamente al kit, se anexa a la orden de producción, y se completan los datos de inicio y fin de la actividad, reflejando el nombre de la persona que realiza la tarea (sello).



Imágenes 14 y 15

Telas de material prepeg. de fibra de carbono identificadas y contenidas en sus correspondientes envases de polietileno (kits)

- Almacenamiento de kits: una vez identificado el kit, la orden de producción junto con la hoja de control del control del kit, se introduce en la bolsa protectora junto al mismo, y se lleva inmediatamente a la cámara frigorífica para su correcta conservación, donde se colgará una plantilla debidamente cumplimentada mediante la que se controlará todo el material que haya en el interior. Una cuestión importante en este punto es que es preferible esperar a tener completos varios kits (que deberán formarse de la forma más rápida posible por parte de los operarios para reducir el tiempo de exposición del material a temperatura ambiente) antes de introducirlos en la cámara frigorífica, que irlos introduciendo uno a uno tal como se van terminando de formar, ya

que aunque a priori así se disminuye el tiempo de exposición a temperatura ambiente (aunque sea en pocos minutos), debe tenerse en cuenta que cada vez que se abre la puerta de la cámara frigorífica se producen fluctuaciones de la temperatura de la misma (a la alza), y que según la norma aeronáutica de fabricación se permiten picos de cómo máximo $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante un periodo máximo de 15 minutos (60 minutos totales en 24 horas), y que en caso contrario deben cargarse horas de exposición extra a todo el material del interior de la cámara en esos momentos, lo cual en operaciones de carga y descarga, dependiendo de la temperatura ambiente, puede llegar a tener una gran incidencia.



Imagen 16
Vista exterior de la cámara frigorífica



Imagen 17
Operario introduciendo kits en el interior de la cámara frigorífica

4.4.9.7. Personal responsable

- Operario de la división de materiales compuestos.
- Técnico responsable de la orden de producción (supervisor).

4.4.10. Procedimiento de apilamiento manual (Lay-Up)

La operación de apilamiento (HAND LAY-UP, nombre por el que comúnmente se conoce al proceso completo de fabricación de materiales compuestos y no sólo a esta etapa específica) es una de las principales del proceso productivo, y básicamente consiste en colocar las distintas telas de material preimpregnado unas encima de otras para formar el empilado que es el conjunto de telas que una vez curadas (polimerizadas) en una bolsa de vacío por medio de un autoclave en unas condiciones determinadas dará lugar a la pieza final del material compuesto.

4.4.10.1. Condiciones en que se lleva a cabo

El apilamiento manual y todos los trabajos de colocación y adaptación de preimpregnados, adhesivos y núcleos se efectuarán en áreas limpias, aisladas, con temperatura y humedad controlada, que deberán cumplir los requisitos recogidos en la norma aeronáutica de fabricación R+W-K-766 que ya se han comentado. Si por algún motivo los requisitos específicos de temperatura y humedad de la sala limpia se sobrepasan, se procederá de inmediato a la paralización del proceso de fabricación hasta que se consiga la estabilización de la misma. Se debe comprobar si la discrepancia corresponde al aparato de medida, para ello se puede usar un termómetro y si este marca un incremento de temperatura, quedará evidenciado que no se trata de un fallo en el aparato de medida. En tal caso, si la temperatura se ha excedido, se baja el "Set Point" del aparato hasta conseguir que la temperatura vuelva a su valor normal, y si fuese necesario se desalojaría la sala limpia, con lo que se conseguiría a su vez disminuir la humedad relativa de la misma. Si se detecta que las anomalías proceden del sistema de control debe procederse a su revisión y/o reparación.



Imágenes 18 y 19

Registrador AKO que permite visualizar los registros de las condiciones tanto de la sala limpia como de la cámara frigorífica en el mismo aparato

4.4.10.2. Herramientas

- Cutter.
- Espátulas de Nylon.
- Lápiz de marcado.



Imagen 20
Cutter y paletas de Nylon
para peinado de telas



Imagen 21
Operaria usando un lápiz de
marcado para identificar telas

4.4.10.3. Material usado en la fabricación de las bolsas de compactación

- Película de bolsa (bolsa de vacío temporal).

- Tejido aireador de superficie (Airweaver).
- Película separadora perforada (A4000 ó A5200).
- Pasta de sellado de vacío amarilla ("masilla amarilla").



Imagen 22
Material de bolsa de vacío



Imagen 23
Tejido aireador de superficie
(Airweaver)

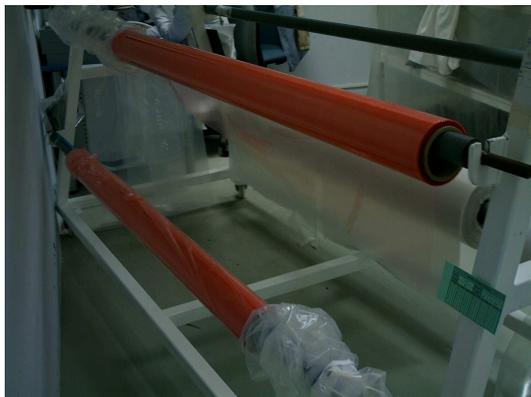


Imagen 24
Película separadora perforada
(A4000)



Imagen 25
Pasta de sellado de vacío
amarilla ("masilla amarilla")

4.4.10.4. Vestuario

Como en el resto de operaciones que se llevan a cabo en el interior de la sala limpia, es obligatorio el uso de bata blanca para el acceso a la misma, así como el uso de guantes blancos de algodón para las operaciones que se desarrollan en su interior.

4.4.10.5. Comprobación de kits

Antes de proceder al apilamiento manual de la pieza, se debe verificar el kit de telas cortadas. Para llevar a cabo dicha operación, se consulta la codificación de la orden de producción que acompaña a dicho kit. Se debe comprobar que el kit contiene todas las telas que debe tener, y que las dimensiones de las mismas son correctas. Es recomendable que se separen las telas y se ordenen en el orden en que van a apilarse según la orden de producción y el libro de Lay-Up.

Una cuestión importante es que al retirar los kit de la cámara frigorífica se cuidará de no abrir su envase antes de su ambientación (atemperamiento), comprobándose que no se produzca condensación en el exterior de la bolsa de polietileno. La extracción se realizará exclusivamente dentro de la sala limpia.

4.4.10.6. Condiciones del utillaje previas al apilado

"Útil" es el término que se utiliza para referirse a los moldes (de acero en su inmensa mayoría) que se utilizan para fabricar las piezas de materiales compuestos. Las distintas telas se apilan sobre un útil determinado (para el P/N a fabricar), consiguiéndose mediante el mismo las características geométricas deseadas en la pieza final siempre que el apilado se realice de forma correcta, por ejemplo en el caso de piezas angulares es muy importante la zona de apilamiento sobre el radio de curvatura del angular en el útil para conseguir la medida exacta deseada.

Previamente a la iniciación del apilamiento manual de la pieza, se debe comprobar que el útil está frío, es decir, que su temperatura es la ambiental, y que por tanto se puede comenzar a trabajar con él. Además, se deberán aplicar agentes desmoldeantes líquidos sobre los mismos tal y

como se verá posteriormente en la operación en el área de autoclave. Los útiles usados en la fabricación de materiales compuestos deben tener unas características determinadas, y encontrarse perfectamente limpios para poder trabajar con ellos en la sala limpia, recogidos todos ellos en la norma aeronáutica de fabricación R+W-K-766.

4.4.10.7. Lay-Up

Una vez dispuesto el útil determinado sobre una plancha de acero (para fabricar posteriormente una bolsa de compactación sobre la misma), puede procederse con el apilamiento de la primera tela, a no ser que en el libro de Lay-Up del P/N a fabricar se refleje que debe colocarse entre la primera tela y el útil una capa de película desmoldeante A4000 (que suele usarse más que el A5200).

Durante todo el proceso de apilamiento se deben consultar dos documentos: la orden de producción (donde aparecen las dimensiones de la pieza, el libro de Lay-Up aplicable a ese P/N, el útil y los procedimientos a utilizar, etc.), y el libro de Lay-Up (donde se recoge toda la información necesaria para la ejecución del apilamiento de cada P/N).

Una vez listo el útil, se apila la primera tela de material preimpregnado sobre el mismo, utilizando una paleta de Nylon. Es necesario evitar la oclusión de aire entre el útil y la tela, así como la formación de arrugas. Se intentará siempre apilar en la dirección de la urdimbre del material. Para el apilado de telas y con el fin de mejorar el acople y pegajosidad de los preimpregnados se podrán utilizar sopladores de aire caliente siempre que la temperatura no exceda de 65 °C, durante un tiempo máximo de dos minutos. El correcto apilado sin la oclusión de aire entre el útil y la tela es especialmente fundamental en esta tela ya que es la que, por contacto con la superficie aerodinámica del útil, formará la superficie útil de la pieza final.

Una vez colocada la primera tela sobre el útil, es obligatorio para cualquier tipo de pieza realizar la compactación en frío de la misma. Esta operación tiene como finalidad extraer todo el aire que pueda quedar retenido entre las fibras de material preimpregnado (y que puede dar lugar a futuras delaminaciones). Para ello, se sigue el plano o libro de Lay-Up aplicable a la pieza, y los pasos descritos a continuación:

1º) Corte de materiales auxiliares: según las dimensiones de las telas apiladas, y siguiendo el libro de Lay-Up y la orden de producción aplicables a la misma, se procede al corte de todos los materiales necesarios para la construcción de la bolsa de compactación que ya se han citado.

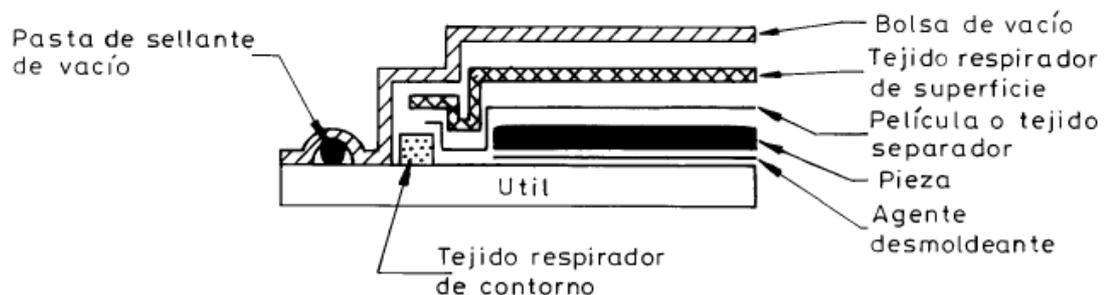
2º) Fabricación de la bolsa de compactación: se siguen los siguientes pasos para fabricar una bolsa de compactación:

- Colocación de la pasta de sellado siguiendo el contorno del conjunto de telas apiladas. Una vez colocada, se repasa la misma con una espátula de Nylon, para asegurar que se adhiere al útil de forma correcta, evitando de este modo posibles fugas. El papel protector de la pasta de sellado no se debe retirar hasta que no se vaya a proceder al cierre de la bolsa.
- Colocación del resto del material auxiliar, consultando el libro de Lay-Up correspondiente, donde se recogen los materiales auxiliares necesarios, así como un esquema de la bolsa.
- Colocación de las tomas de vacío, las cuales permiten la aplicación del vacío al conjunto, así como la medición del mismo, consultando el esquema correspondiente en el libro de Lay-Up.
- Cierre de la bolsa de vacío temporal (bolsa de compactación), separando el papel protector de la pasta de sellado por un extremo, y comenzando a cerrar la bolsa mediante la unión de la pasta y el film de vacío. Se continúa de este modo hasta conseguir

el cierre completo de la bolsa de vacío temporal. En aquellos casos en los que sea necesario, se realizan pinzas con pasta de sellado para conseguir el correcto cierre de la bolsa de compactación, evitando zonas "tirantes" en la bolsa que puedan dar lugar a posteriores pinchazos de la misma.

- Aplicación de vacío para la compactación en frío, una vez cerrada perfectamente la bolsa. Para ello se conectan las tomas de vacío de la bolsa a las mangueras de vacío, y se aplica un vacío de valor comprendido entre los valores indicados en la norma aeronáutica (entre 76 – 150 mm Hg para laminados, menor vacío para sandwichs, entre 530 – 610 mm Hg para núcleos de alta densidad y entre 635 – 660 mm Hg para los de baja densidad) durante un tiempo de 10 minutos. Debe comprobarse que el vacío es el que corresponde a la norma, para lo que se utilizan vacuómetros como instrumento de medida en las distintas tomas de la bolsa de compactación.

A continuación se muestra un esquema de una bolsa de compactación fabricada según se ha indicado, así como una serie de imágenes ilustrativas sobre esta etapa del proceso productivo:



Aunque no suele ser habitual en las compactaciones que se realizan en la planta, la compactación en frío también debería incluir (al igual que

como se verá hace la bolsa de vacío definitiva) un tejido respirador de contorno tal como indica el esquema superior que debe estar en contacto con el Airweaver para favorecer la extracción de todo el aire. Normalmente se utiliza respirador de fibra de vidrio como tejido respirador de contorno, aunque este hecho se verá posteriormente cuando se analice la fabricación de las bolsas de vacío definitivas.



Imagen 26
Útiles listos para apilar sobre ellos con bolsa de compactación preparada

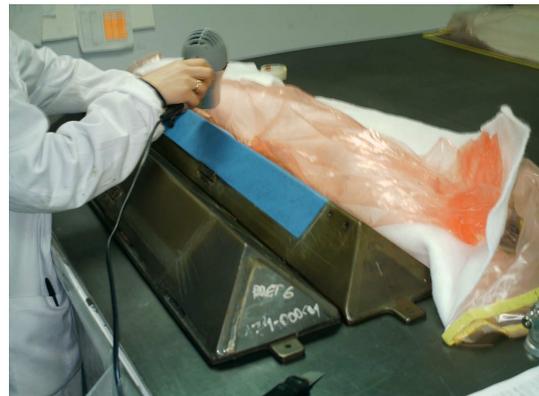


Imagen 27
Colocación de la primera tela con la ayuda de un soplador de aire



Imagen 28
Una de las tomas de vacío y presión de la sala limpia



Imagen 29
Vista cercana de una pinza de pasta de sellado mientras se produce la compactación



Imagen 30
Bolsa de compactación mientras se aplica vacío para extraer el aire (1)



Imagen 31
Bolsa de compactación mientras se aplica vacío para extraer el aire (2)



Imagen 32
Bolsa de compactación mientras se aplica vacío para extraer el aire (3)



Imagen 33
Vista cercana de una toma de vacío (debe situarse sobre el tejido aireador)

Una vez compactada la primera tela se retira la bolsa de vacío temporal (dejándola lista para su posterior uso en la siguiente compactación llegado ese momento) y se continúa con el apilamiento de las distintas telas en el orden indicado en la operación de “Lay-Up” de la orden de producción, siguiendo siempre las orientaciones en cada caso al apilar. Cuando se apila

una tela sobre otra sólo se le retira la película protectora del preimpregnado a una de las caras (la que estará en contacto con la cara superior de la última tela apilada sobre el útil), no retirándose la otra hasta que se vaya a apilar otra tela sobre ella. Al desprender la película protectora y al ejecutarse el apilamiento debe comprobarse que no se hayan producido daños en el material preimpregnado. El apilamiento continúa mediante el uso de las herramientas ya comentadas y siguiendo el correspondiente libro de Lay-Up.

Cada cierto nº de telas (indicado en el libro de Lay-Up y la operación del mismo nombre de la orden de producción) debe realizarse una nueva compactación en frío del mismo modo que se ha visto con anterioridad. Habitualmente se realizan compactaciones cada 3 telas (se compactarían las telas 1, 4, 7, etc.), aunque siempre debe hacerse lo que indiquen los documentos anteriores. En teoría la última tela (al igual que la primera) se debe compactar, aunque a veces se aprovecha la fabricación y el vacío de la bolsa de curado final que se fabrica a continuación para evitarse dicha compactación.



Imagen 34
Operaria apilando telas tras haber compactado la primera de ellas



Imagen 35
Operaria usando una paleta de Nylon para favorecer la adherencia de la tela

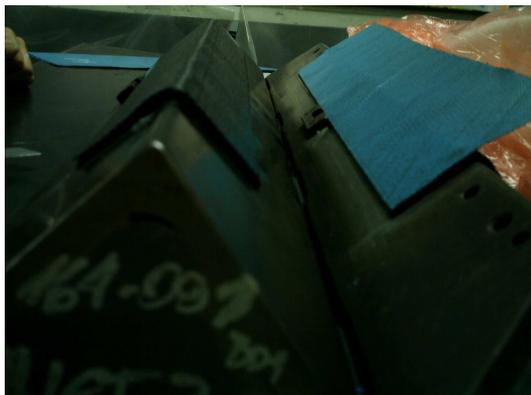


Imagen 36
Vista lateral-inferior del apilado mientras se coloca una nueva capa



Imagen 37
Vista lateral-superior del apilado de dos piezas (obsérvese el espesor de estas)

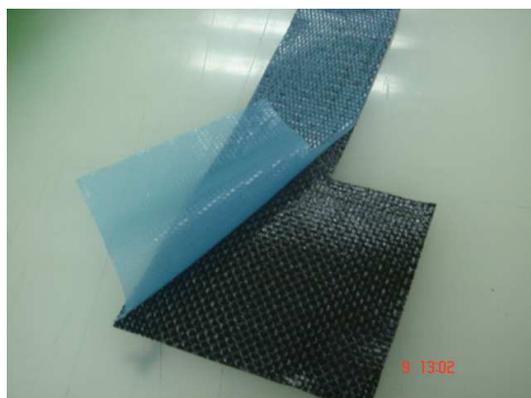


Imagen 38
Vista de una tela de prepeg. de tejido de fibra de carbono y su film protector



Imagen 39
Detalle de la superficie del material prepeg. de tejido de fibra de carbono

4.4.10.8. Verificación de Lay-Up

El operario que ha desarrollado la tarea debe verificar la correcta ejecución de la misma, y nunca permitir que se comience a fabricar la bolsa de vacío final para una pieza que pueda presentar un apilado defectuoso.

4.4.10.9. Personal responsable

- Operario de la división de materiales compuestos.
- Técnico responsable de la orden de producción (supervisor).

4.4.11. Procedimiento de fabricación de bolsas de curado

La fabricación de las bosas de curado es una de las más delicadas del proceso de producción de materiales compuestos, ya que en definitiva para poder llevar a cabo el proceso de curado (polimerización) en autoclave de las piezas piladas mediante telas de materiales preimpregnados, éstas deben introducirse en el mismo en bolsas de curado perfectamente fabricadas, con todos sus elementos constituyentes muy bien distribuidos, y vigilando constantemente la ausencia de posibles entradas de aire a la bolsa que, caso de no detectarse antes del curado, puede tener resultados muy negativos en todos los aspectos, tanto operativos como económicos.

4.4.11.1. Condiciones, herramientas y vestuario

Tanto las condiciones de fabricación (de humedad, temperatura, concentración de partículas, etc.) como las herramientas y vestuario usado en la elaboración de las bolsas de vacío para las distintas piezas son los mismos en su gran mayoría que los que se utilizan durante el apilado y para fabricar las bolsas de compactación, ya que realmente éstas no son más que bolsas de vacío temporales.

4.4.11.2. Materiales

Al igual que en el punto anterior, los materiales a usar en la fabricación de las bolsas de curado son similares a los usados en las de compactación: material de bolsa de vacío (Imagen 22), tejido respirador de superficie (Imagen 23) y tejido separador (Imagen 24). No obstante, existen algunas diferencias que se comentan a continuación:

- En las bolsas de vacío en lugar de pasta de sellado amarilla se utiliza pasta de sellado blanca ("masilla blanca"), debido a la mayor

calidad de esta última y a su mayor resistencia a altas temperaturas (la amarilla también presenta resistencia a altas temperaturas pero en menor medida que la blanca).

- En las bolsas de vacío siempre se utiliza, como ya se comentó al estudiar las bosas de compactación, un tejido respirador de contorno (de fibra de vidrio) que debe ir en contacto con el tejido respirador de superficie, para asegurarse de una extracción eficiente del aire del interior de la bolsa al aplicar el vacío requerido por la norma de fabricación.
- Se utiliza un retenedor de corcho que se coloca sobre el contorno del apilado (cercando al tejido separador) para evitar derrames de resina durante el proceso de curado.
- Se utiliza cinta adhesiva "Flashbreaker" resistente a altas temperaturas para asegurar la unión entre el retenedor, el perforado y el útil, así como para la sujeción de termopares.
- La bosa de vacío debe incluir una serie de termopares distribuidos según la norma para controlar la temperatura posteriormente durante el ciclo de curado.

A continuación se muestran algunas imágenes de estas particularidades de las bolsas de vacío:

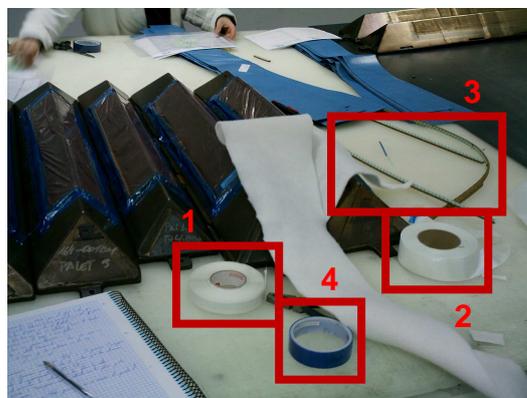


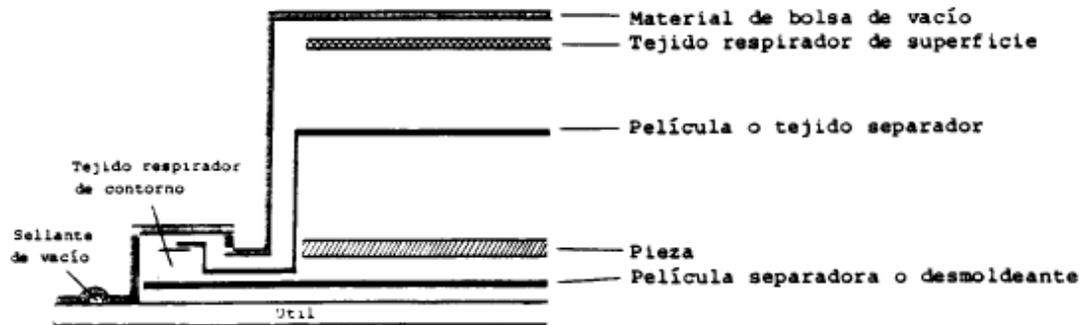
Imagen 40

(1) Masilla blanca. (2) Respirador de contorno. (3) Retenedor de corcho. (4) Flashbreaker

4.4.11.2. Fabricación de las bolsas de vacío

En primer lugar se cortan todos los materiales necesarios en función de las dimensiones de las piezas (y sus correspondientes útiles). Se usan como referencia las dimensiones cortadas para las bolsas de compactación, siempre teniendo presente que la bolsa de vacío requiere mucha más precisión en su elaboración.

A continuación se muestra un esquema de una bolsa de vacío:



Una vez lista la pieza, se coloca por su contorno el retenedor de corcho, y sobre éste se coloca una capa de tejido separador, que se cortará mediante el uso de un cutter sobre la misma y el corcho, de modo que la capa queda adaptada al contorno de la pieza. Luego se utiliza cinta de alta temperatura "Flashbreaker" para sellar ese contorno, aplicándola sobre el separador y sobre las posibles zonas débiles por las que pudieran producirse posteriormente derrames de resina durante el curado.

A continuación se muestran una serie de imágenes reales que ilustran estas operaciones que acaban de comentarse:



Imágenes 41 y 42

Operaria colocando el retenedor de corcho por el contorno de apilado de telas



Imagen 43

Operaria adaptando al retenedor del corcho la película separadora

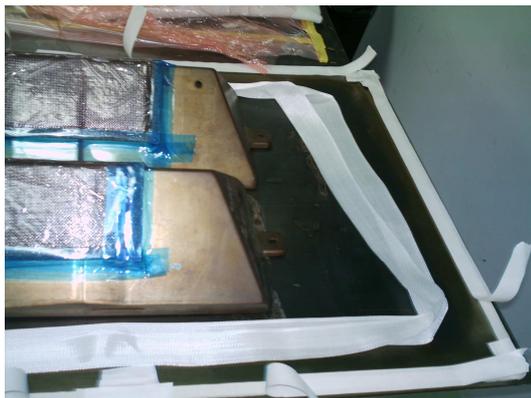


Imagen 44

Operaria colocando cinta "Flashbreaker" por todo el contorno de la pieza

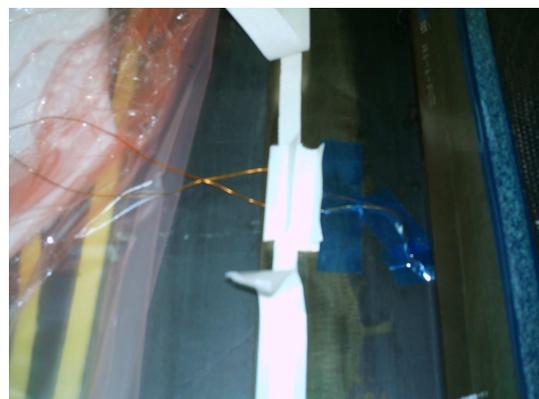
Una vez listas las piezas que van a incluirse en la bolsa de vacío, se elige la plancha (previamente limpiada como si se tratase de un útil) sobre la que va a fabricarse, y se colocan las piezas en ella. Siguiendo el mismo contorno del corcho retenedor, se coloca el aireador de fibra de vidrio, evitando el posible desprendimiento de fibras sobre el conjunto de telas, o sobre la superficie del útil. Posteriormente se coloca la pasta de sellado blanca por todo el contorno de la plancha, sin desprender el papel protector

hasta el momento final del cierre de la bolsa. Previamente deben colocarse los termopares, del mismo modo siguiendo la norma aeronáutica de fabricación (tanto en disposición como en número), y se sujetan mediante cinta "Flashbreaker", protegiendo especialmente las zonas de posible contacto con el material de la bolsa de vacío, para evitar pinchazos.



Imágenes 45 y 46

Pasta de sellado blanca y tejido respirador de contorno de fibra de vidrio



Imágenes 47 y 48

Colocación de termopares para control de temperatura durante el ciclo de autoclave y protección de los mismos con cinta "Flashbreaker"

Posteriormente se procede a colocar el tejido aireador de superficie, adaptándolo y recortándolo al contorno, y, posteriormente, se colocan las tomas de vacío necesarias según la norma, que deben ir colocadas sobre

ambos tejidos aireadores, es decir, sobre el Airweaver, y éste sobre el tejido de cinta de vidrio.



Imágenes 49 y 50

Colocación del tejido respirador de superficie en contacto con el respirador de contorno y adaptado/recortado del mismo al contorno de la plancha



Imágenes 51 y 52

Relleno de huecos con respirador de superficie para asegurar una correcta extracción del aire y colocación de tomas de vacío sobre ambos respiradores

Se coloca el material de la bolsa de vacío holgadamente, cubriendo toda la superficie de la plancha y sobresaliendo por el exterior de la misma, ya que deben evitarse zonas "tirantes" debido a un defecto en la dimensión de la bolsa. Se adapta la bolsa a la pasta sellante blanca, recortando todo aquello que no sea necesario, y realizando las pinzas que el operario estime oportunas en cada caso particular por el mismo motivo anteriormente comentado.

Una vez se ha comprobado la perfecta ejecución de la bolsa, se conecta la manguera de vacío a una de las tomas, y se aplica vacío según los valores de la norma (entre 76 – 610 mm Hg en el caso de laminados, y 530 – 610 mm Hg para estructuras sandwich), comprobándose el mismo mediante un vacuómetro dispuesto en la otra toma (suelen llevar dos debido al tamaño que presentan). El vacío debe mantenerse durante el tiempo suficiente que permita asegurar que no existen defectos en la bolsa ni entradas de aire.



Imágenes 53 y 54

Operaria cubriendo las piezas con el material de bolsa de vacío y adaptándolo a la plancha de modo que no queden zonas tirantes susceptibles de pinchazos



Imágenes 55 y 56

Para evitar zonas débiles con escasez de bolsa de vacío se realizan pinzas con la pasta de sellado, y una vez lista la bolsa comienza a aplicarse vacío



Imágenes 57 y 58

Mientras se aplica el vacío en una toma se comprueba mediante un vacuómetro su valor en la otra, luego se deja un tiempo para comprobar posibles variaciones

4.4.11.3. Verificación de la bolsa de vacío

El operario que ha desarrollado la tarea debe verificar la correcta ejecución de la misma. Esta verificación es esencial, ya que el siguiente paso en el proceso productivo es el curado en autoclave.

Una vez verificadas todas las bolsas de vacío que se hayan decidido cargar en el próximo ciclo de autoclave, se colocan todas ellas en el carro de transporte y los operarios trasladan el mismo fuera del área limpia y hacia el área de autoclave para el curado. Todas las actividades que tienen lugar en esa zona se estudiarán posteriormente para poder analizar el flujo del valor en el proceso de producción de composites, una vez concluido el análisis de las operaciones que se llevan a cabo en la sala limpia.

4.4.11.4. Personal responsable

- Operario de la división de materiales compuestos.
- Técnico responsable de la orden de producción (supervisor).

4.4.12. Procedimiento de aplicación de sellantes

Algunas de las piezas producidas en la planta de composites requieren una operación de sellado, por ejemplo en ciertas piezas del avión A400M es necesaria esta operación, que se desarrolla también en el interior del área limpia.

4.4.12.1. Desarrollo

Como se ha indicado, la operación de aplicación de sellantes (así como la de su mezclado) se desarrolla en la sala limpia, siempre y cuando no se esté llevando a cabo apilamiento. Para la ejecución de las actividades descritas en este procedimiento, son necesarios los siguientes materiales y equipos:

MATERIALES:

- Espátulas.
- Disolvente MEK (metil-etil-cetona).
- Papel abrasivo.
- Trapos blancos de algodón.
- Cinta adhesiva de enmascarar.
- Desellante (los distintos sellantes a utilizar dependerán de los requisitos de los planos).
- Papel neutro Kraft.

EQUIPOS:

- Nevera.
- Balanza de sensibilidad 0.1 g.



Imágenes 59 y 60
Frigorífico de almacenamiento de adhesivos y sellantes

4.4.12.2. Mezclado de sellantes

La operación de mezclado es la más importante de las que componen el proceso de sellado, ya que de ella depende que el tiempo de curado sea el correcto, influyendo en la resistencia del material, adherencia, dureza, etc.

Cuando los componentes de un sellante hayan estado almacenados bajo refrigeración porque así lo requieran deben atemperarse a 25 ± 5 °C antes de proceder a su mezclado, siendo las condiciones más adecuadas para realizar el mismo 25 ± 5 °C y 50 ± 5 % HR.

Antes de realizar el mezclado se homogeneizan tanto la base como el catalizador por separado. Siempre se agrega el endurecedor a la base. El producto base se mezcla con su endurecedor en las proporciones adecuadas según la ficha técnica de fabricante comprobando que pertenecen al mismo lote de fabricación. En el caso de no efectuar el mezclado de kits completos se realiza la pesada de la base y catalizador según la ficha con una precisión del 2 %.

Para este proceso deben usarse guantes y espátulas limpias, y el mezclado debe realizarse lentamente para evitar la inclusión de burbujas de aire, y procurando raspar todas las paredes y fondo del recipiente para asegurar el mezclado de la totalidad del producto. Esta operación continúa hasta obtener un color homogéneo y la total desaparición de vetas.

4.4.12.2. Limpieza y preparación de superficies

Todas las superficies a sellar deben estar totalmente limpias y desengrasadas inmediatamente antes de efectuar la operación de aplicación de sellantes. El polvo y los cuerpos extraños se eliminan con un aspirador o aire a presión, tras lo que se efectúa una limpieza inicial con trapos empapados en agua y posterior secado con trapos limpios. Se vuelve a limpiar esta vez usando el disolvente MEK y se seca con trapos limpios antes de su evaporación. Los trapos deben cambiarse a menudo para evitar contaminaciones que puedan afectar negativamente al proceso.

La superficie limpiada ha de ser sellada antes de una hora si se deja sin proteger, o antes de 24 horas si se protege con papel neutro Kraft; si se excediese de este tiempo deben ser limpiadas de nuevo.

4.4.12.3. Aplicación y curado de sellantes

Según la norma aeronáutica de aplicación de sellantes R+W-K-853, referida en la norma de fabricación de laminados y estructuras sándwich de materiales compuestos R+W-K-766, la aplicación de sellantes debe realizarse preferentemente a una temperatura de 25 ± 3 °C y una humedad relativa de 50 ± 5 %; en todo caso no se aplicará el sellado con temperatura ambiental inferior a 15 °C, ni con una humedad relativa inferior al 30 %, ni cuando los elementos o estructuras a sellar se encuentren por debajo de 10 °C. Tampoco se aplicarán sellantes con temperatura ambiental superior a

35 °C, ni con una humedad relativa superior al 60 %, ni tampoco cuando los elementos o estructuras a sellar se encuentren a una temperatura de 50 °C o superior.

Los dos tipos principales de sellado que se llevan a cabo en la planta son los que se presentan a continuación:

- SELLADO DE INTERPOSICIÓN

Este tipo de sellado es el que se aplica entre dos piezas antes de unir las, por lo que la limpieza y preparación de las superficies de contacto debe cuidarse al máximo y el sellante debe ser aplicado inmediatamente después de realizar esta operación. Aunque en teoría su curado puede realizarse a temperatura ambiente, el resultado final obtenido no es bueno, por lo que para lograr un buen acabado final y lograr un curado mucho más rápido se llevan a cabo ciclos de autoclave de 2 horas de duración a 70 °C de temperatura, denominados "curados de interposición". En la siguiente imagen se aprecian dos piezas angulares unidas mediante un sellado de interposición para dar lugar a una de las piezas del A400M.

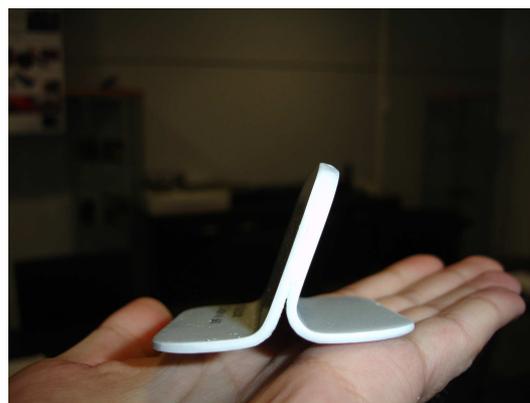


Imagen 61

Vista de una pieza del A400M formada por dos angulares unidos entre sí mediante un sellado de interposición

- **SELLADO DE BORDES**

Es aquel que se efectúa por todos los bordes (“cantos”) de las piezas. En este caso su curado no requiere necesariamente un ciclo de autoclave por lo que suele realizarse a temperatura ambiente, y se consigue un buen acabado final en unas horas. En la siguiente imagen pueden apreciarse el sellado de bordes en dos piezas del A400M (una de las cuales también lleva sellado de interposición).



Imagen 62

Vista de varias piezas del A400M en las que puede apreciarse de una forma clara el sellado de bordes

4.4.12.4. Control del proceso

Una vez mezclado el sellante, debe ser aplicado dentro de su periodo de vida, por lo que los envases que contengan dicha mezcla deben identificarse mediante la hoja de control de mezclas de sellantes. Así mismo, Garantía de Calidad tomaré una muestra de la mezcla para analizar su dureza Shore, uniformidad de color, textura, ausencia de vetas y porosidad.

4.4.12.5. Personal responsable

- Operario de la división de composites cualificado para tal fin.
- Técnico responsable de la orden de producción (supervisor).

4.5. OPERACIÓN EN EL ÁREA DE AUTOCLAVE

4.5.1. Misión

La misión de la operación en el área de autoclave es garantizar que las actividades que se llevan a cabo en la misma se realizan de forma correcta, minimizando las no conformidades, y que los distintos productos producidos cumplan con las especificaciones y normativa requeridas.

4.5.2. Propietario del proceso

El propietario del proceso es el gerente de la división de materiales compuestos de la planta.

4.5.3. Variables de entrada

- Órdenes de producción.
- Elementos de curado (materia prima y materiales de proceso).
- Recursos humanos.
- Área de producción.
- Utillaje.
- Herramientas.

4.5.4. Variables de salida

- P/N.
- Utillaje.
- Residuos.
- Órdenes de producción.

4.5.5. Objetivo del proceso

Conseguir un 100 % de órdenes de producción ejecutadas sin ningún tipo de incidencia (no conformidades y plazos), así como un 100 % de cumplimiento en la ejecución de ciclos de curado.

4.5.6. Nivel de capacidad

Conseguir el 100 % de órdenes de producción ejecutadas en el área de autoclave sin ningún tipo de incidencia (no conformidades y plazos), así como la ejecución del 100 % de los ciclos de curado planificados.

4.5.7. Indicadores de nivel

$$IOAA1 = \frac{\sum OPSI}{\sum OPT} \cdot 100$$

- OPSI: nº de órdenes de producción sin incidencias.
- OPT: nº de órdenes de producción totales.

$$IOAA2 = \frac{\sum CE}{\sum CP} \cdot 100$$

- CE: nº de ciclos de curado ejecutados.
- CP: nº de ciclos de curado planificados.

4.5.8. Esquema gráfico del proceso

Véase anexo III.

4.5.9. Procedimiento de extracción del material prepeg. de la cámara frigorífica

A continuación se desarrolla la secuencia de actividades que tienen lugar durante la extracción del material prepeg. de la cámara frigorífica, antes de su atemperamiento en el interior de la sala limpia. Esta tarea siempre será ejecutada por dos operarios, debido a las dimensiones y peso de los rollos de materia prima, así como las condiciones de seguridad en el interior de la cámara frigorífica. En el caso de que se trate de la extracción de kits previamente envasados y almacenados bastará con un operario.

Los pasos que se llevan a cabo en esta operación son los siguientes:

1º) El operario que vaya a entrar en el interior de la cámara frigorífica se coloca el abrigo protector (anorak polar certificado para el trabajo a bajas temperaturas) y los guantes situados en una percha junto a la cámara.

2º) El operario provisto del abrigo protector coge el material prepeg. especificado en la/s orden/es de producción correspondiente/s y lo se lo entregará al operario que espera en la puerta, saliendo inmediatamente de la cámara y cuidando de mantenerla abierta el menor tiempo posible.

3º) Debe asegurarse un buen cierre de la misma, e iniciar el proceso de descarche de la cámara.

4º) Una vez depositado el equipo de protección de bajas temperaturas en su lugar correspondiente, los operarios (o el operario, dependiendo de si se trata de rollos o kits de prepeg.) lo introducen rápidamente en el interior de la sala limpia.

5º) Uno de los operarios, una vez situado el material, cumplimenta la hoja de control de vida, anotando la fecha y hora de entrada del material en la sala limpia. Cuando se produzca la salida del material de la sala limpia, se anotará en la hoja de control de vida la fecha, hora de salida del material, así como las horas de vida restantes, dependiendo del tipo de material y teniendo en cuenta los conceptos de "tiempos de vida" vistos con anterioridad en este proyecto. Los operarios deben tener muy claros los conceptos de tiempos de vida de los distintos materiales en sus operaciones.



Imagen 63
Vista del material en el interior de la cámara frigorífica



Imagen 64
Operario extrayendo kits del interior de la cámara protegido con abrigo y guantes

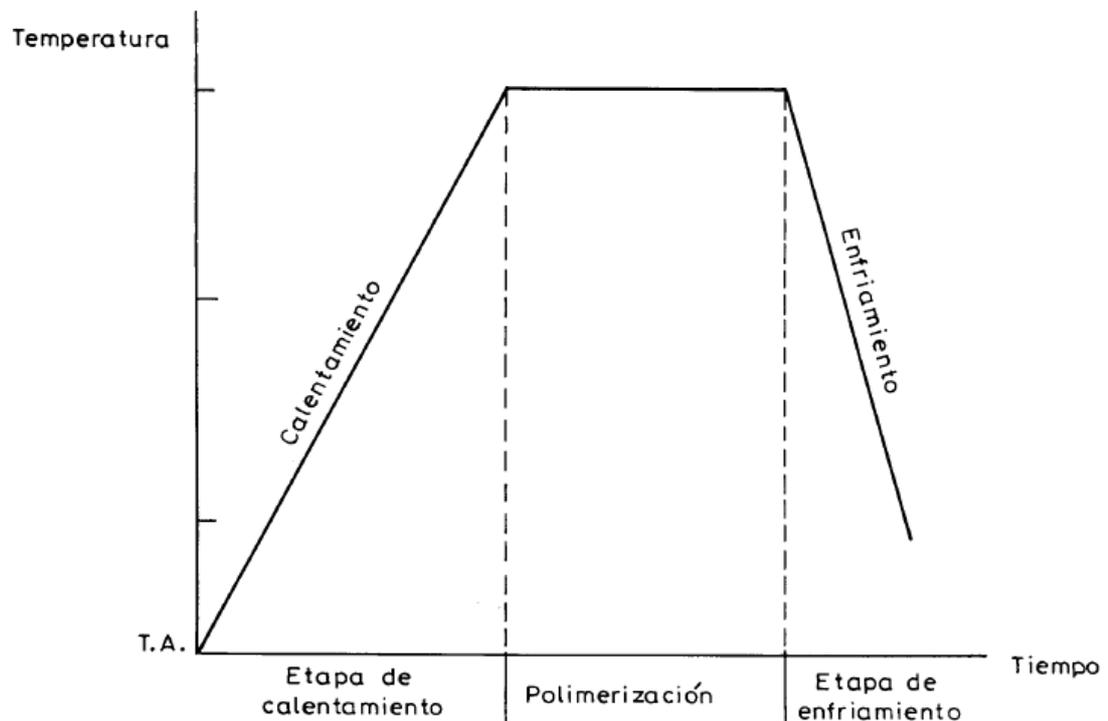
Debido a las exigencias de la normativa aeronáutica de fabricación R+W-K-766, todas las operaciones que tengan lugar en la cámara frigorífica deben llevarse a cabo evitando en la medida de posibles picos de temperatura de más de -12°C en el interior de la misma, ya que en ese caso deben restársele horas de vida a todo el material que existiera en su interior, con su consecuente influencia sobre el proceso de producción.

El encargado de llevar a cabo estas operaciones en la cámara frigorífica será pues un operario de la división (o dos, dependiendo del caso).

4.5.10. Procedimiento de curado en autoclave

4.5.10.1. Los ciclos de curado

Los ciclos de curado en autoclave tienen como objetivo la polimerización de la resina que llevan las fibras preimpregnadas. Su determinación se realiza de modo empírico. Un ciclo de curado clásico consta de varios pasos, rampa de subida de temperatura, periodos de mantenimiento a unas temperaturas determinadas, y rampa de bajada. No sólo la temperatura varía a lo largo de un ciclo de curado, sino que también lo hace la presión aplicada. Es por ello que todos los ciclos de curado tienen un denominador común y es que se adaptan (como norma general) a una gráfica de procesos de presión y temperatura como la siguiente:



T.A.: Temperatura Ambiente

Las condiciones específicas de presión y temperatura de curado son función del material y del tipo de pieza a fabricar (dependerá pues de la resina del material que se esté polimerizando en cada caso). Estas condiciones vienen indicadas en el R.E.P. de la pieza y en la correspondiente documentación de trabajo de cada elemento.

Con la variación de estos parámetros de temperatura y presión se controla la viscosidad de la resina, y con ella el flujo de la misma dentro de la pieza, asegurando la compactación entre las distintas capas. Una viscosidad demasiado baja en un periodo con altas presiones puede ocasionar una pérdida de la resina a través del film separador, mientras que una viscosidad demasiado alta a baja presión evita la correcta compactación del apilado.

El papel de la presión en un ciclo de curado es conseguir una buena distribución de la resina en la pieza y una buena compactación de las distintas capas de material que componen el elemento a fabricar. La presión aplicada puede variar entre 1 y 10 bar, dependiendo del tipo de estructura a fabricar.

La temperatura de polimerización es aquella a la que se calienta el material para conseguir la reacción de entrecruzamiento entre los distintos componentes de la resina. Esta temperatura es función, principalmente, de la naturaleza química de la resina, así los dos grupos principales de materiales compuestos estructurales utilizados en el campo aeronáutico son los materiales preimpregnados en resina de curado a 120 °C y a 180 °C.

Se define el "tiempo de curado" como aquel en el que se mantienen la temperatura de polimerización durante el proceso de curado, asegurándose de este modo que se completa la reacción. Este tiempo puede variar de forma muy general entre 90 y 240 minutos, dependiendo del sistema de resina del material preimpregnado.

4.5.10.2. Operativa seguida para preparar un ciclo de autoclave

Los pasos básicos que se siguen en la planta son los siguientes:

1º) Colocación del utillaje (bolsas de vacío) en el carro del autoclave y transporte del mismo del interior de la sala limpia al área de autoclave. El carro está especialmente diseñado para que sea ligero pero a la vez robusto y soporte bien el peso del utillaje. El carro no debe tener mucho volumen metálico en su estructura porque dificultaría el proceso de subida y bajada de las temperaturas del ciclo por la resistencia metálica.



Imágenes 65 y 66

Los operarios cargan el carro del autoclave con la ayuda de una máquina elevadora neumática y lo transportan fuera de la sala limpia hacia el autoclave

Debe destacarse el hecho de que la máquina elevadora que aparece en la primera de las imágenes anteriores no estaba disponible en los inicios del análisis del proceso productivo para el presente proyecto, sino que su adquisición fue consecuencia de la determinación de un enorme cuello de botella que se producía en el momento de su carga de modo manual. La imagen en cuestión fue tomada una vez adquirida la máquina, mientras que los datos de tiempo real del análisis se tomaron en su mayoría sin ella.



Imágenes 67 y 68

Vista de la zona del autoclave antes de la llegada del carro con las piezas a curar y una vez ha sido situado en los raíles para introducirlo y proceder al curado

2º) Programación del ciclo de autoclave aplicable al material a curar, mediante el ordenador de control incluido en el armario de control del autoclave. El PC controla todos los dispositivos del autoclave según se hallan predefinido los valores del ciclo, aunque también puede programarse para control manual si fuese necesario.



Imágenes 69 y 70

Vista del armario de control del autoclave y del ordenador de control del mismo, mediante el cual se programa el ciclo de curado necesario para las piezas

3º) Conexión de mangueras y termopares. Las mangueras proporcionan vacío a la bolsa durante los diez primeros minutos del ciclo, pues llegado este momento, la bomba de vacío del autoclave deja de actuar y comienza el aumento de presión del sistema global.

Los termopares se conectan al autoclave para obtener un registro en continuo de la temperatura de la pieza durante el ciclo de curado, y así satisfacer los requisitos de la norma de fabricación R+W-K-766, según la cual se debe registrar automáticamente y en continuo las variables temperatura, presión y vacío según sea aplicable. Caso de no ser posible, se permite registrarlas a intervalos máximos de 10 minutos.



Imágenes 71 y 72

Los operarios colocan las mangueras de vacío y conectan los termopares para el control de la temperatura del ciclo, e introducen el carro en dentro del autoclave

4º) Chequeo de vacío y de válvulas, cierre de autoclave e inicio del ciclo de curado. Una vez se ha comprobado que todo está conexionado correctamente, las válvulas de agua y aire están en la posición adecuada y que el sistema funciona bien, se procede a cerrar la puerta del autoclave e iniciar el ciclo desde el ordenador de control.

El registro de los ciclos de autoclave se lleva mediante la "hoja de control de carga" del mismo, donde se anota la fecha del ciclo, la hora de inicio del mismo, así como todos los P/N que se encuentran en el interior del autoclave, por lo que esta hoja es un documento esencial para asegurar la trazabilidad de las piezas a lo largo de todo el proceso productivo.

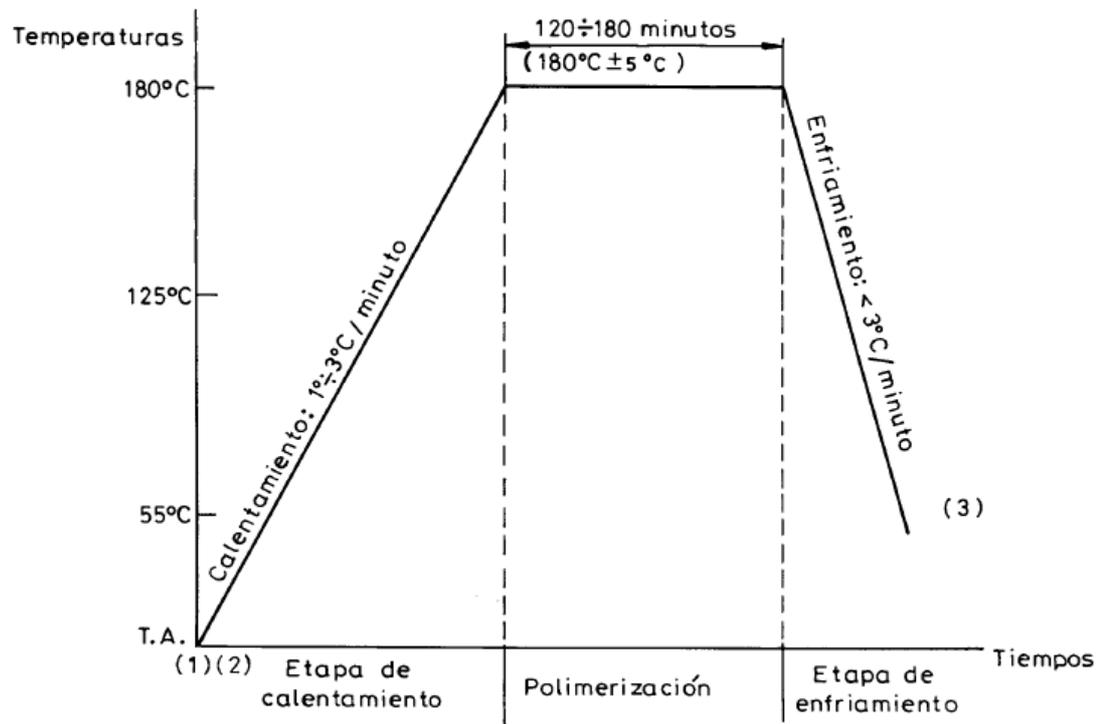


Imágenes 73 y 74
Chequeo de vacío y comprobación de válvulas



Imágenes 75 y 76
Operario cerrando la puerta del autoclave para posteriormente dar comienzo al ciclo de curado mediante el ordenador de control del armario del mismo

Para el caso más habitual de las piezas de fibra de carbono, fabricadas a partir de preimpregnados en resina epoxy, las condiciones generales de los ciclos de curado en autoclave según la normativa aeronáutica aplicable se corresponden a un ciclo de 180 °C de escalón sencillo (según la norma, cuando la resina del material preimpregnado es de baja viscosidad y/o de alto calor de reacción, es recomendable la utilización de un ciclo de curado de doble escalón). Este ciclo se representa de forma general en la figura de la página siguiente:



(1) Vacío en bolsa antes de iniciar el curado: aplicar vacío hasta una presión (dentro de la bolsa) entre 0.1 y 0.2 bar (76 – 150 m Hg) en el caso de estructuras monolíticas, o una presión (dentro de la bolsa) entre 0.7 y 0.8 bar (530 – 610 mmHg) en el caso de estructuras sandwich (la bolsa no deberá perder más de 25 mm Hg por minuto).

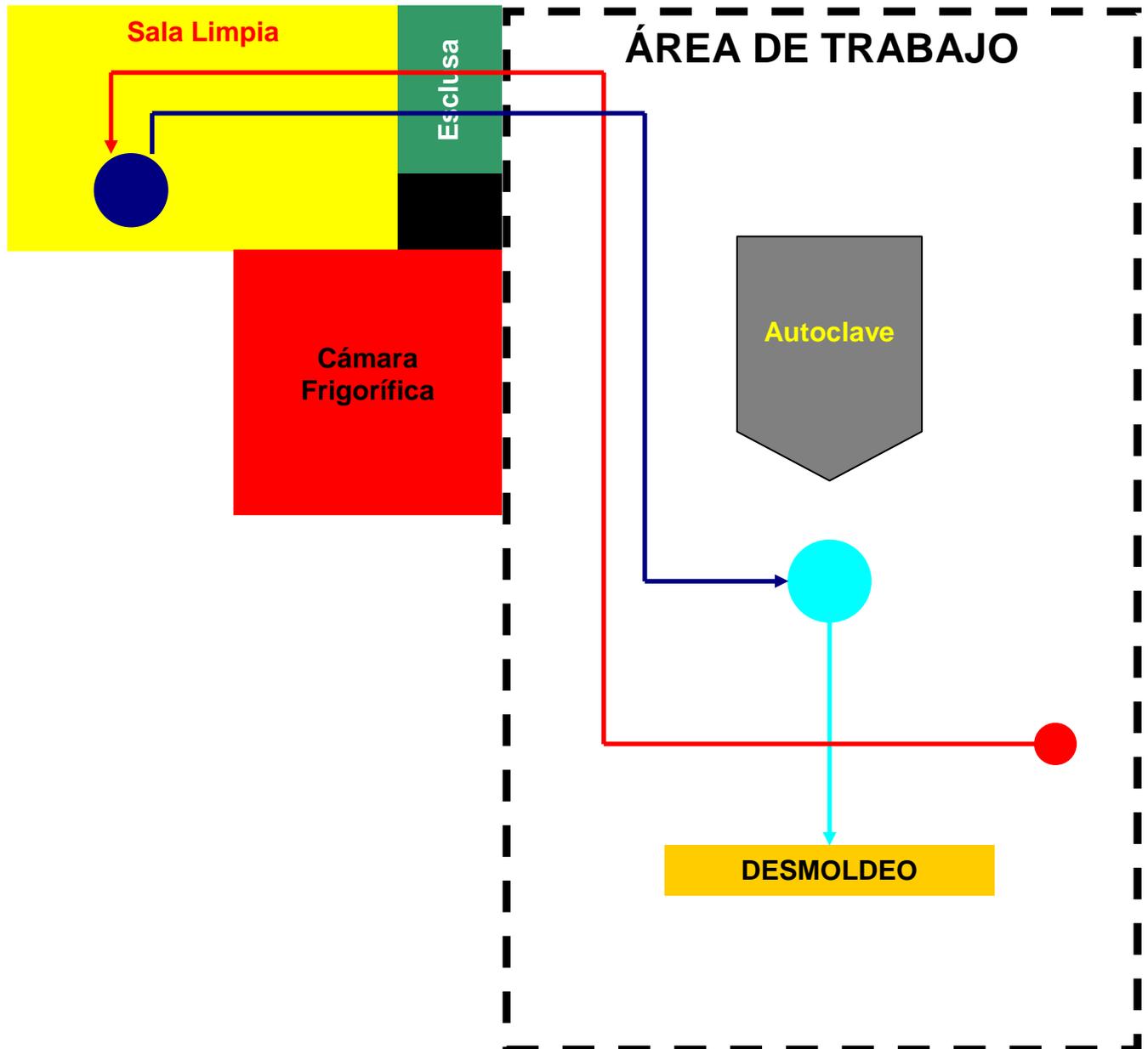
(2) Iniciar la presurización hasta alcanzar el valor requerido. Ventilar la bolsa cuando se alcance la presión de 1.4 – 2.0 bar. La presión de curado será para laminados de 6 – 7 bar, y para estructuras sandwich de 2.9 – 3.5 bar.

(3) A una temperatura inferior a 60 °C eliminar la presión.

Los ciclos de curado a 180 °C para resinas epoxy tienen una duración de 4 horas y 20 minutos.

4.5.10.3. Diagrama de flujo del proceso de curado

A continuación se muestra un diagrama de flujo que representa al proceso de curado en autoclave:



Leyenda del diagrama de flujo:

Posición del carro de transporte	
Punto de recogida de útiles	
Punto de carga de útiles en autoclave	
Recorrido de recogida de útiles	
Recorrido de útiles desde sala limpia hasta autoclave	
Recorrido hasta desmoldeo	

4.5.11. Procedimiento de desmoldeo y limpieza de útiles

4.5.11.1. Desmoldeo

Una vez que el ciclo ha terminado y la temperatura es óptima para poder abrir la puerta del autoclave, se desconectan las mangueras y termopares y se sacan los útiles con sumo cuidado.

El desmoldeo consiste en retirar todo el material auxiliar que se ha utilizado en la fabricación de la bolsa de vacío, y que no forma parte de la pieza curada.

El desmoldeo de los distintos P/N fabricados se desarrolla en la zona destinada a tal fin, dentro del área de autoclave. Para la ejecución de las actividades descritas en este procedimiento, son necesarios las siguientes herramientas y vestuario:

HERRAMIENTAS:

- Espátulas.
- Mazos y cuñas de madera o plástico (herr. metálicas prohibidas).

VESTUARIO:

- Gafas de protección.
- Mono de trabajo.
- Botas de seguridad.
- Guantes de protección de piel.

El uso de la ropa de protección es necesario debido a que los bordes de las piezas presentan filos cortantes por la acumulación de resina durante el curado, y también pueden producirse proyecciones de resina al eliminarse los materiales auxiliares que podrían dañar los ojos de la persona que realiza la operación.

La pieza, en general, no debe desmontarse del útil de curado hasta que se alcance una temperatura inferior a 60 °C.

Los pasos a ejecutar para llevar a cabo el desmoldeo de las piezas son los siguientes:

- Desconexión de termopares y tomás de vacío.
- Traslado del carro de útiles a la zona de desmoldeo.
- Desmoldeo propiamente dicho de las piezas, siempre con mucho cuidado para no dañar ni las propias piezas ni los útiles.
- Desecho del material auxiliar en sus recipientes oportunos.
- Retirada de termopares con especial cuidado para no dañarlos ni tampoco a las piezas recién curadas.
- Comprobación de que el útil no se ha dañado.

4.5.11.2. Limpieza de útiles y aplicación de agentes desmoldeantes líquidos

Una vez realizado el desmoldeo, se procede a la limpieza de los útiles y a la aplicación del desmoldeante al útil para la próxima vez que se apile sobre él, en este caso Frekote. Para ello, es necesario el uso de las siguientes herramientas y vestuario:

HERRAMIENTAS:

- Herramienta neumática de lijado (rotorbital).
- Estropajos.
- Trapos limpios de algodón.

VESTUARIO:

- Guantes de látex.
- Gafas protectoras.
- Mascarilla de gases.

PRODUCTOS QUÍMICOS:

- MEK (metil-etil-cetona).
- Frekote 700-NC (desmoldeante para resinas epoxy).

La limpieza de útiles comienza con un desbaste preliminar del grueso de la suciedad del útil, utilizando la herramienta neumática de lijado con un abrasivo de grano adecuado al útil a tratar. Posteriormente se realiza un acabado de limpieza de gruesos usando estropajos y MEK. Se usan trapos limpios de algodón para realizar varias pasadas de MEK sobre el útil, alternándolas con pasadas de trapos limpios. La limpieza total del útil se comprueba entonces con un trozo de papel, viendo si queda huella, y, en ese caso, continuando la limpieza con MEK.



Imágenes 77 y 78

Operaria realizando la limpieza de varios útiles cuyas piezas han sido recién desmoldeadas usando trapos de algodón empapados en MEK

La aplicación de agentes desmoldeantes líquidos se debe realizar conforme a la normativa aeronáutica específica de dicha actividad, en concreto la R+W-K-651, referenciada en la R+W-K-766. Según la citada normativa, para proceder a la aplicación de agentes desmoldeantes es necesario llevar la indumentaria adecuada: guantes de látex, gafas protectoras y mascarilla de gases. Puesto que dichos productos son inflamables, el área donde se lleva a cabo la operación debe estar ventilada al exterior, quedando terminantemente prohibido la realización de dicha operación en el área limpia. Además, estos productos son sensibles a la humedad. Siempre se deben mantener los envases herméticamente cerrados cuando no se estén utilizando y abrirlos únicamente en el momento de su utilización.

Después de asegurarse que la superficie del útil está limpia y seca, se aplica el agente desmoldeante con brocha limpia o trapos limpios de algodón sin hilachas, extendiendo capas ligeras, uniformes y perpendiculares entre ellas. El agente desmoldeante que se usa en la planta de materiales compuestos es el Frekote 700-NC, cuyo tiempo de curado a temperatura ambiente es de 60 minutos. Un operario de la división será el encargado de llevar a cabo esta tarea según se ha descrito y conforme a la normativa.



Imágenes 79 y 80

Operaria realizando la aplicación de un desmoldeante líquido (Frekote 700-NC) mediante trapos de algodón en varios útiles que acaba de limpiar usando MEK

Una vez se haya limpiado el útil, y se le haya aplicado el desmoldeante si procede, si éste no va a ser utilizado de forma inmediata, se deposita en la zona de estantería de útiles de la zona de autoclave, o bien en la zona de utillaje listo para servicio de la sala limpia, a la espera de que sea utilizado, respetándose siempre el tiempo de curado del desmoldeante.



Imagen 81
Zona de utillaje/material listo para servicio de la sala limpia

4.6. OPERACIÓN EN EL ÁREA DE RECANTEO

4.6.1. Misión

La misión de la operación en el área de recanteo es garantizar que las actividades que se llevan a cabo en dicho área se realizan de forma correcta, minimizando las no conformidades en las mismas, y que los distintos productos producidos cumplan con las especificaciones y normativa requeridas en cada caso.

4.6.2. Propietario del proceso

El propietario del proceso es el gerente de la división de materiales compuestos de la planta.

4.6.3. Variables de entrada

- Piezas.
- Órdenes de producción.
- Recursos humanos.
- Herramientas de corte y lijado.
- Maquinaria de corte y lijado.
- Equipos de protección individual (EPI's).
- Planos de piezas.
- Patrones de recanteo.
- Documentación aplicable al proceso.

4.6.4. Variables de salida

- P/N.

- Residuos.
- Órdenes de producción.

4.6.5. Objetivo del proceso

Conseguir un 100 % de órdenes de producción ejecutadas sin ningún tipo de incidencia en el área de recorteo.

4.6.6. Nivel de capacidad

Conseguir el 100 % de órdenes de producción ejecutadas en el área de recorteo sin ningún tipo de incidencia.

4.6.7. Indicador de nivel

$$IOAR = \frac{\sum OPSI}{\sum OPT} \cdot 100$$

- OPSI: nº de órdenes de producción sin incidencia.
- OPT: nº de órdenes de producción totales.

4.6.8. Esquema gráfico del proceso

Véase anexo III.

4.6.9. Procedimiento de recorteo de materiales compuestos

El recorteo es una operación que se efectúa sobre las piezas ya curadas que consiste en “recortar” las mismas a unas dimensiones determinadas, que vendrán indicadas en el plano correspondiente.

Las condiciones específicas en que se desarrolla esta actividad hacen que deba llevarse a cabo en un área perfectamente delimitada del resto, denominada área de recanteo, que realmente físicamente forma parte del área de autoclave.



Imagen 82
Vista de la zona de recanteo

Para la ejecución de las actividades en esta zona son necesarios las siguientes herramientas y vestuario, teniendo en cuenta que para recantar piezas de material compuesto es necesario que el material que realiza el corte esté, salvo en ocasiones concretas, diamantado:

HERRAMIENTAS:

- Máquina de disco de corte automático.
- Herramientas de corte neumáticas.
- Cizalla de corte.
- Máquina de calar.
- Sacabocados circular.
- Martillo de teflón.
- Abrasivos para carbono.
- Herramientas auxiliares (taladros, destornilladores, etc.).

VESTUARIO:

- Guantes de protección de piel.
- Gafas protectoras.
- Mono completo tipo buzo.
- Mascarilla facial completa (buco-nasal).
- Protectores auditivos.
- Botas de seguridad.



Imágenes 83 y 84

Vestuario de protección personal que deben llevar los operarios que trabajen en el interior de la zona de recanteo en el mecanizado de materiales compuestos

En la zona de recanteo es donde se llevan a cabo todas las operaciones de mecanizado susceptibles de ser aplicadas en la planta (las actividades más complejas de este tipo se subcontratan, como ocurre en el caso del A400M). Realmente las operaciones que se desarrollan en ella son más del tipo de "pre-recanteo" que mecanizados más complejos; todo dependerá en cada caso del plano de la pieza, que siempre será esencial a la hora de recantearla. Es por ello que, para el corte de cualquier tipo de pieza, es necesario consultar la siguiente documentación (que deberá estar disponible sin demoras que puedan retrasar la producción):

- **ORDEN DE PRODUCCIÓN**

En este documento aparecen los procesos a seguir para la correcta fabricación de las piezas, así como el número de piezas final.

- **PLANO O "CROQUIS"**

Para cada P/N existirá un croquis, un plano. En este documento es donde aparecen las dimensiones y cotas finales de la pieza, así como otros datos necesarios para la fabricación.

Algunas de las actividades más destacables que se llevan a cabo en esta zona son las siguientes:

- Pre-recanteo de piezas desmoldeadas.
- Recanteo de paneles de fibra (P/N padres) para obtener distintas piezas de una geometría determinada.
- Eliminación de creces dadas a la pieza durante la fabricación.
- Recanteo y achaflanado de núcleos para paneles sandwich.
- Reparación de piezas de materiales compuestos.



Imagen 85
Máquina de disco de corte
automática para recanteo



Imagen 86
Recanteo con cizalla de un
panel de fibra de carbono

Al igual que el proceso de aplicación de sellantes, el recanteo se rige por una normativa propia, referenciada en la norma aeronáutica de fabricación R+W-K-766. Por tanto, las condiciones en que se lleva a cabo vienen recogidas en dicha normativa de mecanizado de materiales compuestos, R+W-K-612.

Uno de los problemas que más se producen en el recanteo de piezas es el del polvo que se desprende del mecanizado. Según la norma anteriormente citada, el polvo debe ser recogido en el origen mediante un sistema de aspiración, operación que debe realizarse de forma paralela al trabajo de recanteo propiamente dicho, algo que, a pesar de su importancia para la seguridad e higiene en el trabajo, no se realiza habitualmente en la planta de materiales compuestos durante un proceso productivo.



Imagen 87
Equipo de aspiración de polvo
de la zona de recanteo

Las tareas que se desarrollen en la zona de recanteo deben ser realizadas por un operario cualificado, mientras que el jefe de taller será el encargado de supervisarlas.

4.7. CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

4.7.1. Misión

La misión del control de la producción es garantizar que la misma se realiza en los plazos y condiciones planificadas, y que los distintos productos producidos cumplen con las especificaciones requeridas, y se presentan con la documentación correspondiente en los plazos establecidos.

4.7.2. Propietario del proceso

El propietario del proceso es el gerente de la división de materiales compuestos de la planta.

4.7.3. Variables de entrada

- Programas.
- Órdenes de producción.
- Materia prima.
- Material auxiliar.
- Utillaje.
- Herramientas.
- Recursos humanos.
- Elementos de curado.
- Área de producción.
- P/N.

4.7.4. Variables de salida

- Órdenes de producción.

- Kits.
- Elementos de curado.
- P/N.
- Utillaje.
- Documentación asociada al proceso productivo.

4.7.5. Objetivo del proceso

Cumplimiento del 100 % de órdenes de producción ejecutadas en el plazo planificado y sin no conformidades.

4.7.6. Nivel de capacidad

Conseguir al menos un 75 % de órdenes de producción ejecutadas en el plazo planificado y sin incidencias.

4.7.7. Indicador de nivel

$$IECP = \frac{\sum OPP}{\sum OPT} \cdot 100$$

- OPP: nº de órdenes de producción ejecutadas en el plazo planificado y sin no conformidades.
- OPT: nº de órdenes de producción totales.

4.7.8. Procedimientos de control de la producción de mayor interés para el análisis de este proyecto

Debido a la amplia serie de sub-procesos de control de la producción, aquí se analizarán sólo los más relevantes para el presente proyecto.

4.7.8.1. Verificación dimensional

Una vez fabricado un P/N determinado, es necesario llevar a cabo la verificación dimensional de los parámetros de fabricación. Esta verificación en principio se desarrolla en el área de autoclave, y consta de dos etapas:

1ª) VERIFICACIÓN VISUAL: se observa la pieza fabricada en todas sus superficies, comprobando si existen deformaciones o defectos superficiales. Caso de no existir se puede proceder con la segunda etapa.

2ª) VERIFICACIÓN DIMENSIONAL: para ella se utilizan dos tipos principales de herramientas de medida: pie de rey o calibre, y cinta métrica o reglas. En esta etapa en primer lugar se consulta la orden de producción aplicable a la pieza, y se observan los requisitos dimensionales que debe cumplir la misma; posteriormente se verifican todas aquellas dimensiones que aparecen en la orden, teniendo en cuenta aquellos casos en los que se puedan aplicar tolerancias, utilizando el calibre o pie de rey para las mediciones del orden de milímetros y menores, y la regla o la cinta métricas para las mediciones del orden de centímetros o mayores.

Existen una serie de criterios generales de aceptación según la norma de fabricación R+W-K-766 que se aplican a las discrepancias más típicas que pueden aparecer. La norma marca, para las distintas discrepancias, unos "valores aceptables sin reparación", unos "valores aceptables con reparación", y unos "métodos de corrección/reparación".

- $\text{Discrepancia} \leq \text{VASR} \rightarrow$ Métodos de reparación no necesarios.
- $\text{VASR} \leq \text{Discrepancia} \leq \text{VACR} \rightarrow$ Método de reparación.
- $\text{Discrepancia} \geq \text{VACR}$ o discrepancia no recogida en la norma de fabricación \rightarrow Establecimiento de una HNC (hoja de no conformidad) según norma ZK 7993.

Cuando es necesario el establecimiento de una HCN:

- Si la pieza es susceptible de reutilización será reutilizada.
- Si la pieza no es susceptible de reutilización se desechará como pieza no conforme.
- En ambos casos, la acción desarrollada se reflejará en el apartado de incidencias de la orden de producción correspondiente.

Estas tareas de verificación deben ser realizadas por el Responsable de Calidad de Producción, y por un técnico de la división de materiales compuestos.

4.7.8.2. Vuelco de datos en soporte digital

A lo largo de este análisis en profundidad del proceso productivo se ha hecho referencia a la necesidad de mantener unas condiciones contraladas en el interior de la sala limpia (temperatura, humedad, sobrepresión y concentración de partículas) y en la cámara frigorífica de almacenaje de materiales (temperatura). Esta información está directamente asociada a los equipos que permiten mantener y regular dichas condiciones, y para asegurar la trazabilidad de todo el proceso productivo es necesario obtener registros de la evolución de las distintas variables.

Además, por cada ciclo de autoclave se genera un doble registro de temperatura y presión (junto con uno adicional de etapas de operación) que debe descargarse del software de control para el control de la producción e las piezas que se curaron en dicho ciclo.

Esta información actualmente se descarga de modo manual con una periodicidad variable (aunque con tendencia a una vez a la semana una vez presentados las primeras observaciones del análisis), y se archiva tanto en

soporte digital (en el servidor de datos) como en papel para el posterior estudio de conformidades por parte de Control de Calidad. El Responsable de Calidad de Producción se encarga de dar la conformidad (con el sello correspondiente) a los registros que cumplan las exigencias, y, caso de no ser así, toma las medidas oportunas según la normativa aplicable en cada caso, por ejemplo y en el caso de la cámara frigorífica, elaborará un informe en el que se recojan las disminuciones en los tiempos de vida del material por subidas de temperatura por encima de $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El sistema de vuelco de datos consiste en:

- Un software de registros electrónicos instalado en un PC en la sala limpia para la descarga de los datos de temperatura y humedad de la misma, así como de la temperatura de la cámara frigorífica.
- Un software de control, análisis y registro de los ciclos de autoclave implementado en el armario de control del mismo.
- Un software de registro en tiempo real de la sobrepresión de la sala limpia que, no obstante, no se utiliza debido a incompatibilidades de la versión del programa, por lo que no se poseen registros de esta variable.
- Debido a la periodicidad marcada por la norma de fabricación R+W-K-766 de la medición de partículas, no se dispone de dispositivo de medición de la misma, realizándose de forma subcontratada.

De la gestión de estos documentos se encarga el responsable de calidad en fabricación de la división.

El encargado de la realización de esta tarea de volcado de datos es un técnico de la división de materiales compuestos al que se le asigne de forma procedimental.

4.7.8.3. Control de la documentación asociada al proceso de producción en cada una de sus etapas

La documentación asociada al proceso productivo en la planta es tan importante como las operaciones de producción propiamente dichas, ya que asegura la trazabilidad de las piezas a lo largo del mismo y permite el registro de todo aquello que acontece durante la fabricación.

Los departamentos de Ingeniería de Producción e Ingeniería de Calidad son los principales responsables de controlar la documentación, entre la cual destacan:

- Ingeniería de Producción: órdenes de producción, R.E.P.'s y libros de Lay-Up, documentos necesarios para la fabricación de los distintos P/N y que deben tenerse presentes en todo momento durante la misma.
- Ingeniería de Calidad: normativa aeronáutica necesaria en la fabricación en colaboración con Ingeniería de Producción, así como todos los documentos para garantizar la trazabilidad y la correcta ejecución de la fabricación, tales como hojas de control de vida, de control de carga de autoclave, registros de sala limpia y cámara frigorífica, etc.

Ambos departamentos deben mantener el contacto con la zona de producción a lo largo de la misma para asegurar el cumplimiento de las exigencias de las normas y procedimientos establecidos para evitar desviaciones que puedan ocasionar problemas en etapas posteriores por errores de documentación.

4.8. PREPARACIÓN DE ENVÍO Y EXPEDICIÓN

4.8.1. Misión

La misión del control de la producción es garantizar que el producto y la documentación asociada al mismo se entregan según los requisitos establecidos por el cliente, así como en los plazos especificados en el programa correspondiente.

4.8.2. Propietario del proceso

El propietario del proceso es el gerente de la división de materiales compuestos de la planta.

4.8.3. Variables de entrada

- P/N.
- Órdenes de producción.

4.8.4. Variables de salida

- P/N.
- Órdenes de producción.
- Órdenes de envío.
- Documentación requerida por los clientes.

4.8.5. Objetivo del proceso

Conseguir un 100 % de entregas dentro de los plazos planificados por el cliente, y un 0 % de rechazos tras las entregas al mismo.

4.8.6. Nivel de capacidad

Conseguir al menos un 90 % de de entregas dentro de los plazos planificados con el cliente, con menos de un 5 % de rechazos tras las entregas al mismo.

4.8.7. Indicador de nivel

$$IPEE1 = \frac{\sum EPP}{\sum ET} \cdot 100$$

- EPP: nº de entregas en los plazos planificados con el cliente.
- ET: nº de entregas totales.

$$IPEE2 = \frac{\sum RC}{\sum PTE} \cdot 100$$

- RC: nº de rechazos de clientes tras la entrega.
- PTE: nº de piezas totales entregadas.

4.8.8. Esquema gráfico del proceso

Véase anexo III.

4.8.9. Procedimiento de gestión de entregas

Una vez recanteadas, identificadas y verificadas las distintas piezas producidas, se almacenan como piezas terminadas en la "zona de expediciones" de la planta, situada en la zona de ingeniería, donde tendrá lugar la última etapa del proceso que dará lugar a su envío al cliente.

A continuación se describen brevemente los distintos pasos que se siguen para preparar las piezas para su envío.

4.8.9.1. Limpieza

Las piezas acabadas (se someten a limpieza en los casos en que así se requiera, utilizándose para ello trapos de algodón secos.

4.8.9.2. Almacenamiento

Las piezas terminadas (ya identificadas) se colocan en a llamada “zona de expediciones” del área de ingeniería, y se almacenan en ella con sus órdenes de producción junto a ellas. Igualmente existe una zona dedicada exclusivamente a piezas no conformes (a las que se les deberá abrir una HNC). Esta zona de expediciones forma el llamado “stock final” de productos, uno de los más importantes en lo que se refiere a mejoras de agilización de la producción.

4.8.9.3. Orden de envío

Una vez que se deciden qué piezas van a ser enviadas, se crea una “orden de envío” para las mismas, en la cual se recogen los distintos P/N que se envían y sus cantidades, así como sus series de producción y programas correspondientes, las condiciones del envío, la fecha del mismo, el departamento y responsable (la orden debe ir firmada y sellada), las dimensiones de las piezas, etc.

4.8.9.4. Documentación adicional

Además de la orden de envío, se prepara el resto de la documentación a enviar al cliente, según sea el caso.

La documentación más habitual requerida por los clientes suele ser:

- Orden de producción, acompañada si así lo requiere el cliente de registros de ciclo de autoclave, registros de sala limpia y kits en cámara frigorífica, etc.
- Certificados de calidad de materiales.
- Certificados de utillaje.

De toda la documentación que acompaña al envío se realizan tres copias. Una copia se entrega al cliente, la segunda es la que acompaña al envío, y una tercera es archivada.

4.8.9.5. Embalaje de piezas terminadas

Para evitar posibles daños a las piezas durante el transporte hasta el cliente, éstas deben ir protegidas en todo momento por un embalaje adecuado. Para tal fin se utiliza “papel de burbujas” para envolver las distintas piezas, se traten de barras PEAU (caso del A340) o P/N elementales ya recanteados (caso del A400M). En el caso de las piezas del A340, todas llevan una tarjeta verde identificativa que debe quedar perfectamente visible al exterior de la pieza. Las órdenes de producción se agrupan por separado.

El material utilizado por tanto es el siguiente:

- Papel de burbujas para proteger las piezas.
- Tarjeta identificativa perfectamente cumplimentada y sellada.
- Precinto corporativo.
- Cinta de enmascarar (carrocero).
- Tijeras.



Imagen 88
Material usado para el embalaje de las distintas piezas para su envío al cliente

Estas actividades de embalaje y preparación de piezas para el envío son llevadas a cabo por un operario, mientras que un técnico de la división se encarga del control y verificación de toda la documentación asociada.

Una vez envueltas las piezas se colocan en la “zona de piezas listas para envío” a la espera de que se produzca el mismo a través de la correspondiente subcontrata de transportes.



Imagen 89
Un gran nº de barras envueltas del A340 en la zona de piezas listas para envío

Estas tareas finales de envío que pueden parecer simples y rutinarias conducen a uno de los stocks más importantes del proceso productivo.

CAPÍTULO 5: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

5.1. ANÁLISIS DE LA CADENA DE VALOR

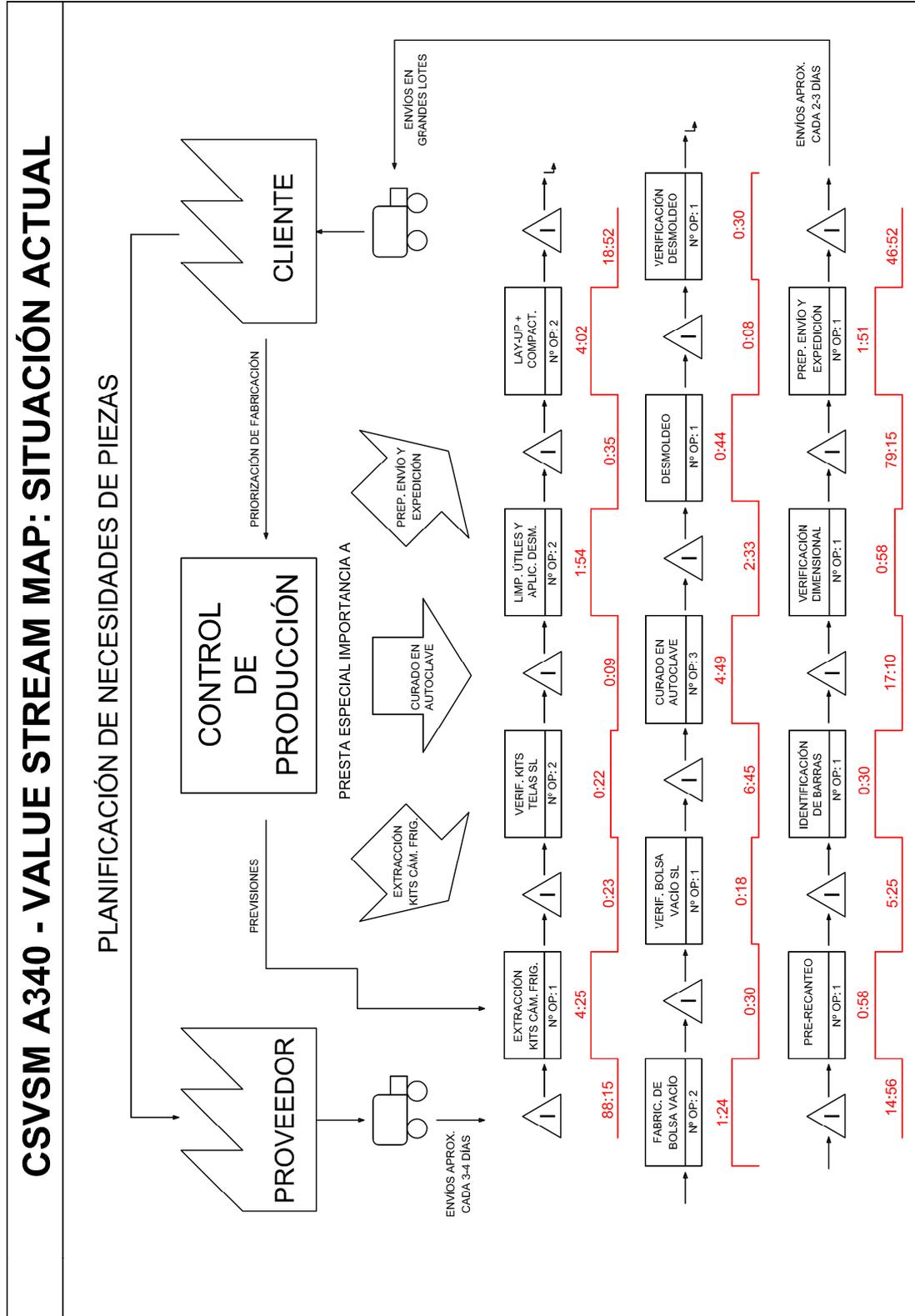
5.1.1. Introducción

Uno de los aspectos clave a la hora del análisis de los sub-procesos que conforman la producción de materiales compuestos es el estudio de la "cadena de valor", es decir, de cómo se agrega valor (desde el punto de vista Lean) a lo largo de todo el proceso hasta la entrega del producto al cliente final. Este análisis se lleva a cabo mediante una toma de datos "en tiempo real" en la planta de producción en la que se estudian una serie de lotes de producción reales, que posteriormente son tratados estadísticamente para obtener promedios y son representados en un diagrama esencial en cualquier análisis Lean, el denominado "Value Stream Map" (VSM, Mapa de la Cadena de Valor, véase anexo IV). Éste permite de un modo bastante simple identificar el nivel de despilfarro en un determinado proceso, pues permite obtener los porcentajes de contricción de cada una de las actividades al Lead Time global de producción.

A continuación se representan 3 diagramas VSM para el proceso en estudio: el primero para definir el estado actual de la producción de las piezas del A340 (CSVSM); el segundo para hacer lo propio respecto a la producción del A400M (CSVSM); y el tercero define un diagrama futuro teórico que podría alcanzarse optimizando, redefiniendo y mejorando el proceso mediante el uso de las distintas herramientas Lean (FSVSM).

Los resultados obtenidos durante el periodo de análisis en los que se basan los siguientes diagramas se recogen en el anexo V a la memoria.

5.1.2. Representación y análisis del CSVSM A340



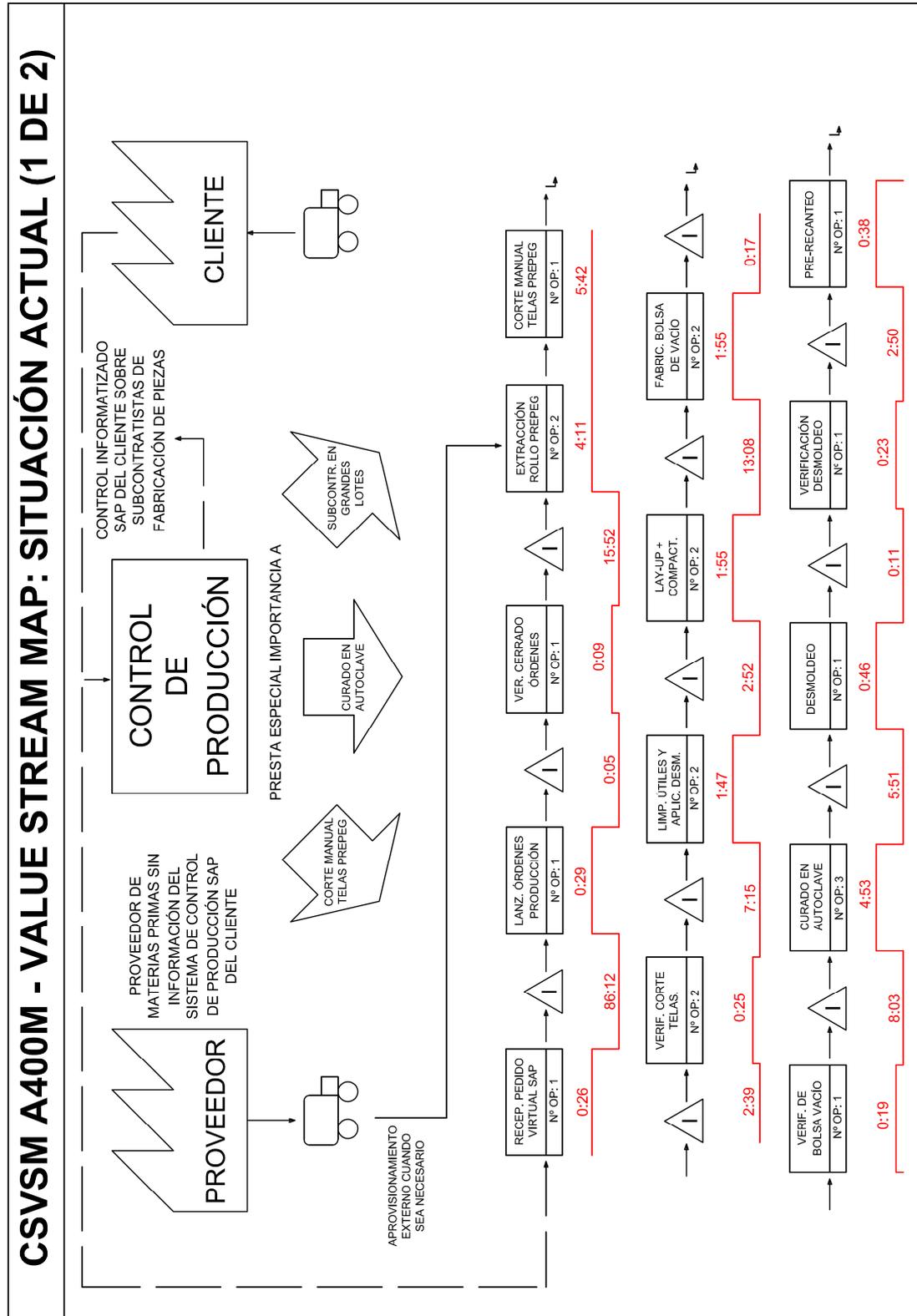
A340	
LEAD TIME	304 horas y 41 minutos
% VALOR AÑADIDO	10
% VALOR NO AÑADIDO	90

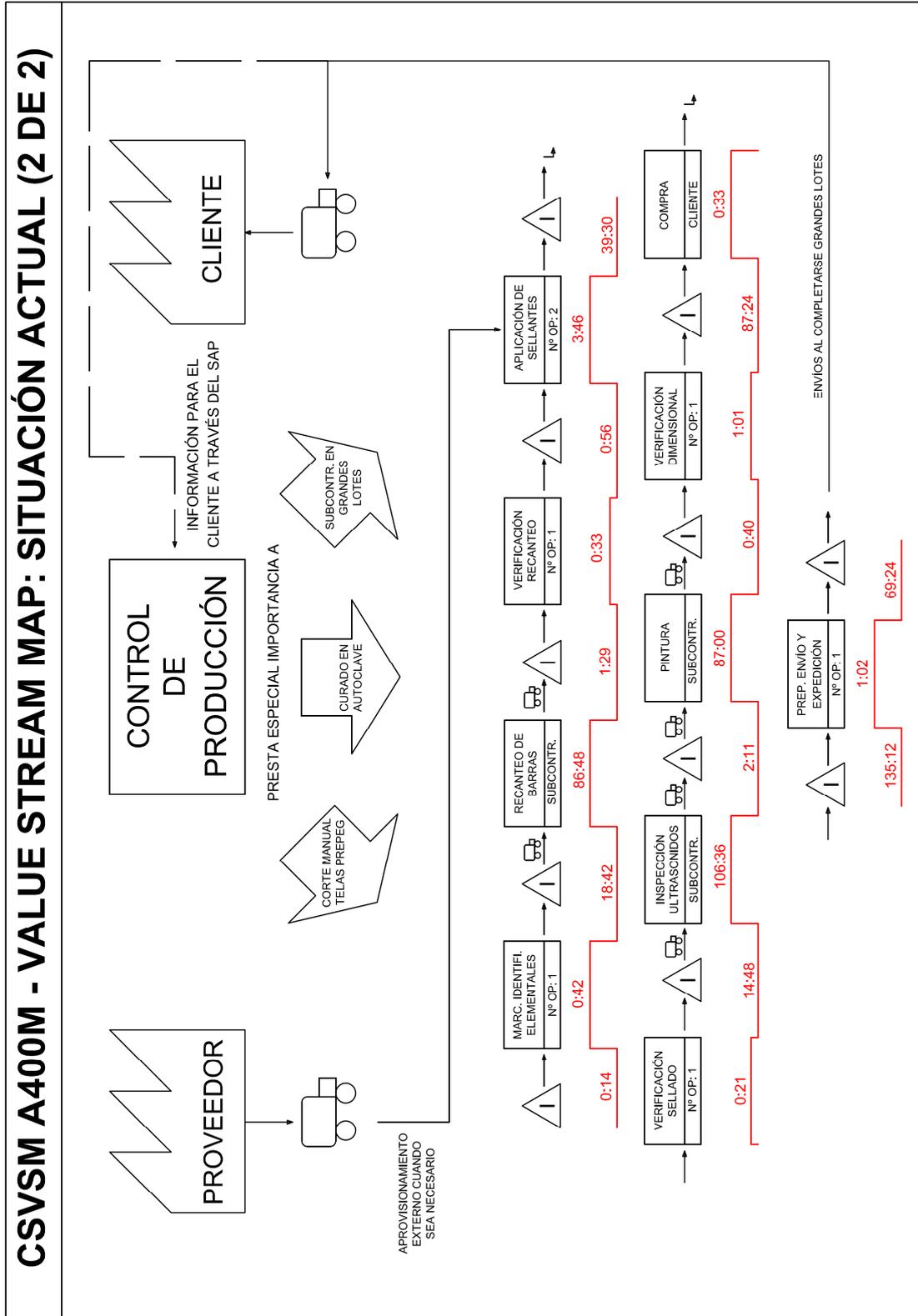
Como puede observarse de los resultados del análisis, la inmensa mayoría del Lead Time de las piezas del A340 está constituido por actividades que no agregan valor al producto de cara al cliente, por lo que constituyen un despilfarro de recursos. Este hecho, unido a las observaciones realizadas durante la toma de datos respecto a frecuencia de desperdicios (que se presentarán posteriormente en el presente capítulo), hace notar la necesidad de un cambio, de una estrategia de mejora que permita disminuir esos tiempos que no agregan valor, ya que no sólo podrá disminuirse el Lead Time global, sino que también se aumentará muy considerablemente el porcentaje del mismo otorgado por las actividades que realmente dan valor al producto desde la perspectiva del cliente.

Este hecho, como se verá a continuación, también se produce en gran medida durante la fabricación del A400M, por lo que puede deducirse que no se trata de un problema aislado asociado al programa del A340, sino que el despilfarro ocurre de un modo general en toda la fabricación que tiene lugar en la planta. Obviamente el análisis no puede extenderse a la totalidad de los programas, pero se evidencia que ocurre en los más significativos, por lo que una redefinición de la filosofía de producción en un sentido de mejora continua (Kaizen) debe ser el objetivo.

Debe hacerse notar que el proceso de fabricación de composites por “Hand Lay-Up”, como su propio nombre indica, está poco automatizado, por lo que la manualidad de su desarrollo hace que los datos tomados sean muy dispares entre sí, aunque aún así cumplen la función perseguida de evidenciar el grado de despilfarro respecto al Lead Time global.

5.1.3. Representación y análisis del CSVSM A400M



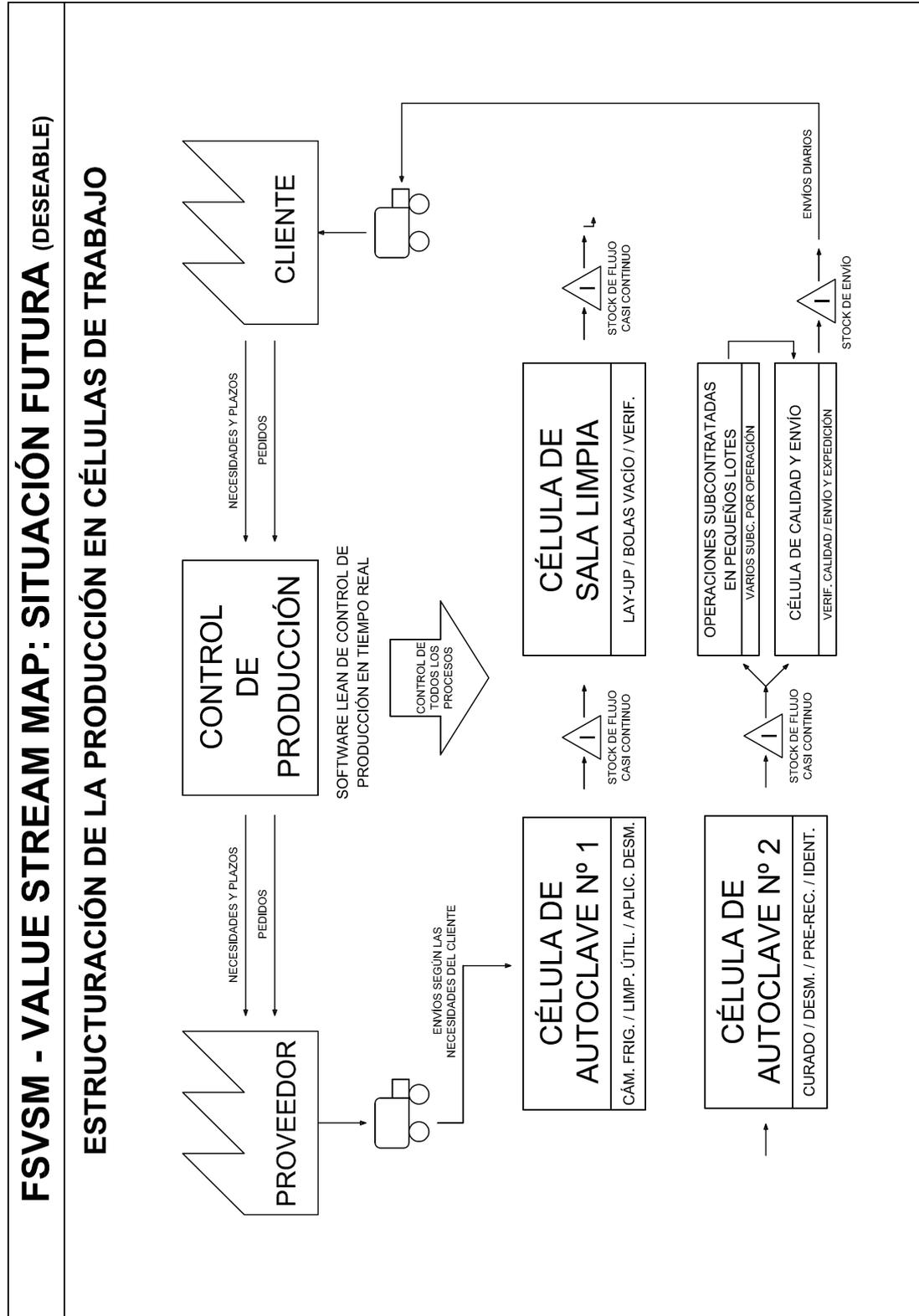


A400M	
LEAD TIME	828 horas y 15 minutos
% VALOR AÑADIDO	31
% VALOR NO AÑADIDO	69

Como puede comprobarse de los resultados del análisis de la producción del A400M, la conclusión a la que puede llegarse es similar a la del caso anterior: el porcentaje de actividades de valor no añadido es muy superior al de aquellas que agregan valor con respecto al Lead Time global. En este caso la diferencia es ligeramente inferior, aunque debe hacerse notar que la fabricación de las piezas del A400M es un proceso más complejo que el del caso del A430, ya no sólo por el nº de operaciones, sino porque además intervienen 3 subcontrataciones cuya incidencia sólo puede estimarse por el tiempo que permanecen las piezas "fuera de la planta", pero desconociéndose prácticamente lo que les ocurre a nivel de cadena de valor mientras se realizan sobre ellas las operaciones subcontratadas. Son tiempos no controlables por la empresa en cuestión, por lo que introducen una gran incertidumbre en los datos; no obstante y al igual que en el caso anterior, el objetivo principal es detectar la existencia de una enorme cantidad de actividades que generan despilfarros debido a diversos motivos que se estudiarán con posterioridad.

Debe hacerse mención a un aspecto señalado en el diagrama: las líneas discontinuas se han usado para definir flujos de información vía digital, es decir, de control de producción informático. La empresa cliente utiliza un sistema de gestión de la producción SAP R/3 de procesamiento en tiempo real al que pueden acceder los subcontratistas de fabricación para actualizar su lista de pedidos en función de la demanda de piezas del montaje en cadena de los distintos aviones. Este es el sistema que se usa para gestionar los distintos pedidos del cliente en la producción de este tipo de piezas.

5.1.4. Representación y análisis del FSVSM (genérico)



El VSM anterior representa una posible situación futura deseable para el proceso de producción de composites. Al ser un diagrama teórico (no obtenido por observación y toma directa de datos como los de la situación actual) no aparecen tiempos de valor añadido y valor no añadido. El objetivo de este diagrama es plantear una posible situación alcanzable a la que debe tenderse durante el proceso de mejora continua para que el proceso de producción alcance un punto de mínimo despilfarro. Como puede observarse, se ha disminuido drásticamente la cantidad de inventarios (stocks) entre los sub-procesos, y se ha basado la producción en un sistema de células de trabajo dentro de las cuales las operaciones tienen lugar de un modo continuo y sin tiempos muertos que aumentan el Lead Time global y no contribuyen a añadir valor al producto final. Debe señalarse así mismo que el sistema de control de producción es mucho más avanzado desde el punto de vista de la filosofía Lean que el que existe actualmente, ya que éste permite un control en tiempo real y de un modo muy rápido, visual y seguro de todo lo que acontece durante la fabricación en cada una de las células de trabajo. El objetivo a largo plazo es pues alcanzar un sistema de producción de flujo continuo sin esperas (o con esperas mínimas), en el que las materias primas entren a un sistema de producción Lean basado en la gestión visual y en el sentido común de todas las personas implicadas, atraviesen el mismo agregándoseles valor en todo momento y sin tiempos muertos ni cuellos de botella que perjudiquen el flujo, y salgan del proceso una vez fabricados y sean enviados inmediatamente al cliente final. El término de "stock de envío" se refiere a un stock variable diario en el cual tienen cabida todas las piezas que se envían ese día. Es por tanto un stock que se elimina cada día a la hora del envío diario y se carga en la jornada siguiente con todos los productos que se terminan entre ambos puntos de stock. El objeto principal de la disminución tan drástica de los stocks es no sólo por el mero hecho de disminuir el Lead Time, sino que además se favorece la implantación de un sistema JIT (Just in Time, véase anexo II) en el que el nivel de inventarios no oculta otro tipo de problemas en la planta.

5.2. CONCLUSIONES DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS AL PERSONAL DE LA DIVISIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS

5.2.1. Introducción

En el anexo VI se han recopilado las encuestas y los resultados de las mismas entregadas en los inicios del análisis en tiempo real al personal de la división de materiales compuestos de la planta para su cumplimentación. A continuación se pretende describir y exponer los resultados y conclusiones más significativos que pueden extraerse de las mismas.

5.2.2. Encuesta nº 1: producción a pie de planta

El objetivo de esta encuesta es determinar las opiniones de los distintos operarios que trabajan en la planta en la fabricación de materiales compuestos sobre las actividades que desarrollan diariamente en su puesto de trabajo, tales como orden y limpieza, documentación, formación, etc.

Las principales conclusiones que pueden extraerse de los resultados de esta encuesta (anexo VI) son las siguientes:

- Todos los operarios creen que existen actividades que se desarrollan de un modo y podrían desarrollarse de otro mejor y más efectivo para la producción. La necesidad de mejora está presente pues en todos ellos.
- Consideran que el orden y la limpieza en el puesto de trabajo ayudaría a mejorar las condiciones de producción y en definitiva eliminaría despilfarros, no obstante reconocen que las instalaciones de trabajo no se mantienen ordenadas y pierden una gran cantidad de tiempo buscando herramientas, documentación, etc., además de que el estado material de muchos de los

elementos con que trabajan no es el más adecuado y deberían renovarse. La mayoría reconoce que eliminaría algunos elementos de las zonas de trabajo para poder trabajar mejor, y todos reconocen que el desorden está presente en toda la planta, especialmente en la sala limpia.

- El estado de las herramientas de trabajo y el mantenimiento en general de los equipos no es el adecuado, y la gran mayoría ni siquiera tiene constancia de que exista algún tipo de mantenimiento sobre los mismos.
- La formación recibida por parte de la empresa en fabricación de materiales compuestos es nula, y la opinión general es que los temas de calidad en la producción no tienen que ver directamente con ellos por lo que no han recibido formación en este aspecto.
- No disponen de un sistema fiable por el cual puedan dar su opinión respecto a algún tema (la expresan de modo oral e informal, sin tener constancia de si se tiene en cuenta o no). En este aspecto la gran mayoría cree que el flujo de comunicación entre todas las secciones y departamentos de la empresa es muy deficiente.
- No existe un sistema de incentivos que les motive de un modo especial a desarrollar su trabajo diario con más entusiasmo, y todos ellos reconocen que desearían disponer de uno.
- Ninguno conoce la filosofía de gestión Lean Management, por lo que no tienen claro lo que persigue y hay división de opiniones al respecto. Ocurre lo mismo que en el caso de la calidad en la fabricación, ya que como se ha comentado con anterioridad, el Lean Management en definitiva no es más que otro sistema de mejora de la calidad.
- La gran mayoría de los operarios lleva formando parte de la empresa menos de un año.

5.2.3. Encuesta nº 2: satisfacción interna

OPERARIOS: no tienen claros los objetivos de la compañía, y no se sienten parte de los mismos pues no disponen de la información necesaria ni de capacidad de iniciativa en sus actividades. En general están satisfecho con el trabajo de su equipo (aunque realmente la organización no está formada por equipos de trabajo actualmente) y son sus responsables, aunque consideran que éstos están abiertos a pocas sugerencias. No se sienten compensados justamente por el trabajo que realizan.

TÉCNICOS: disponen de información sobre los objetivos y proyectos de la compañía, y se sienten parte de ellos. Están muy satisfechos con sus compañeros. Sienten que se opinión se tiene en cuenta por parte de sus superiores, y en general el nivel de satisfacción es muy alto con las tareas realizadas y con la evolución que siguen en la compañía.

Como puede comprobarse existe una clara oposición de opiniones en la mayoría de estos aspectos entre operarios y técnicos. A pie de planta las personas se sienten más aisladas de los objetivos empresariales que en la zona de ingeniería, y no tienen información sobre el desarrollo de los proyectos, ni siquiera de cómo evoluciona la producción en la que participan tan activamente, de ahí que su compromiso con el fin común sea menor.

5.2.4. Encuesta nº 3: clima laboral

Debido a las características de esta encuesta (gran volumen de preguntas muy directas), sólo se presentan a continuación las conclusiones obtenidas de la encuesta a los operarios (por su mayor relevancia en la producción a pie de planta) en aquellas cuestiones en las que coinciden todos ellos. Gran parte de las preguntas vienen a reforzar aspectos ya señalados en las dos anteriores (resultados completos en el anexo VI).

- Opinan que no se premian los esfuerzos realizados por su parte.
- Consideran anticuado el lugar donde desarrollan su trabajo.
- Consideran inadecuadas las instalaciones y equipos que utilizan.
- Opinan que es difícil saber dónde encontrar las informaciones.
- Insisten en que no se tienen en cuenta sus ideas y sugerencias, y que no se estimula la aportación de las mismas ni la innovación.
- Suelen darse casos de órdenes contradictorias.
- No se tienen en cuenta a la hora de fijar los objetivos y el ritmo de trabajo necesario.
- No conocen los objetivos de la organización ni los resultados de su trabajo con respecto a los clientes, por lo que no se sienten implicados en el éxito empresarial.
- El flujo de información entre departamentos es deficiente.
- Se favorece la adaptación de las nuevas personas.
- La iniciativa de su trabajo es casi nula.
- Por muchos de los motivos ya citados, consideran a la organización como poco dinámica.
- No se tienen en cuenta sus opiniones a la hora de tomar decisiones relacionadas con el factor humano en la producción.
- Consideran que se esfuerzan al máximo en su trabajo diario.
- Debido a la falta de identificación con el trabajo que desempeñan, les interesan más otras actividades que les proporcionan mayor satisfacción personal.

El resto de cuestiones viene a respaldar las mismas conclusiones, como se ve presentes en las 3 encuestas realizadas. No obstante no basta con analizar los problemas de un proceso a través de cuestionarios, sino que deben realizarse observaciones “in situ” y “en tiempo real” durante la fabricación que permitan obtener resultados si cabe más fiables. En los siguientes apartados se concretarán estas cuestiones.

5.3. ANÁLISIS DE PARETO BASADO EN LA FRECUENCIA CON QUE SE PRODUCEN PROBLEMAS QUE GENERAN DESPILFARROS

El análisis de Pareto (a través del diagrama del mismo nombre) es una de las herramientas más significativa usadas por la gestión Lean Management para la detección de problemas (aunque también puede usarse para generar ideas, resolver problemas, etc., aquí se usará con el fin de identificarlos para poder proceder a proponer propuestas de mejora). Esta herramienta, junto con otras básicas del Lean Management, se analiza en profundidad en el anexo II a la memoria descriptiva.

Durante la etapa de análisis en tiempo real no sólo se recopilaban datos de tiempos de inventarios, cuellos de botella y tiempos de valor añadido y no añadido, sino que se recopilaban una serie de observaciones relativas a la frecuencia con que se producían problemas en la producción como consecuencia de actividades que generan desperdicios.

La calidad es un aspecto que debe alcanzar a todos los miembros de la organización ("calidad es cosa de todos"), y con mayor incidencia a la función de producción, que es la que más beneficios genera para una empresa de este sector. El objetivo pues del diagrama de Pareto es evidenciar que aspectos son los más relevantes para mejorarla.

Durante el transcurso del análisis se observaron diversos desperdicios que no son en definitiva más que sumideros de calidad. Para identificar las causas de los mismos se recurre a este sencillo diagrama, una herramienta muy poderosa que permite obtener de una manera visual muchísima información necesaria para la toma de decisiones. La característica principal que pretende utilizarse de este diagrama es su capacidad de priorización con respecto a propuestas de mejora para solucionar situaciones deficientes evidenciadas por su uso.

En un primer momento la recogida de datos sobre actividades que daban lugar a desperdicios se realizó prácticamente sin ningún criterio, sino que simplemente se iban recogiendo observaciones sobre lo que ocurría en el proceso que podía ser causante de algún tipo de desperdicio, para poder identificarlos y pasar a su posterior eliminación, o, al menos, a su reducción.

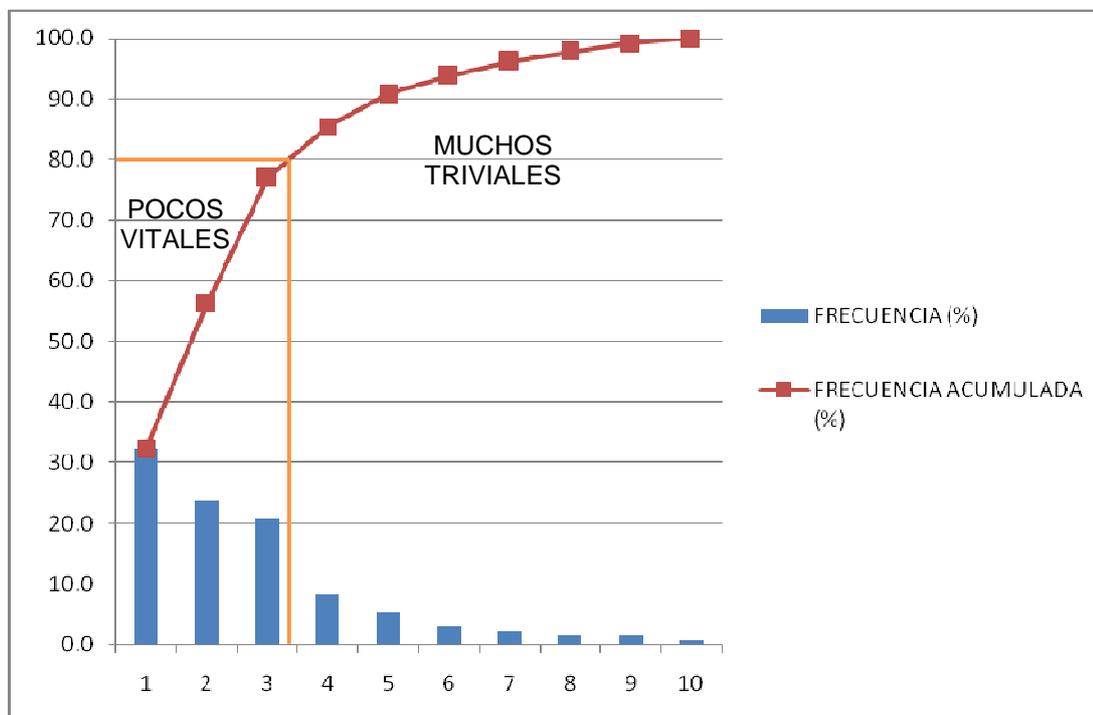
Estas anotaciones se tomaron a la vez que tenía lugar el análisis de tiempos de fabricación ya estudiado mediante el mapeo de la cadena de valor. Al revisar los datos y las observaciones, y distribuirlos de una forma más ordenada que la que tenían en el momento de su toma, se pudo apreciar que existían actividades que se producían con una determinada frecuencia en mayor proporción que otras. Debido a esta clarificación y distinción de actividades se consideró útil la aplicación del análisis de Pareto.

Los datos se referían en general a todos los procesos que tenían lugar durante la fabricación de las piezas, desde desperdicios en sala limpia, zona de autoclave y recanteo, control de producción, etc. En definitiva todos son desperdicios, y de lo que se trata con el análisis de Pareto es de ver cuáles son los más significativos y por tanto aquellos a los que debe prestárseles mayor y más pronta atención que al resto, ya que no por estar en pequeña proporción no significa que deban ignorarse otros desperdicios, ya que ese hecho iría en contra de la filosofía Lean de mejora continua.

Para la elaboración del diagrama se construyó en primer lugar la hoja de datos de Pareto, distribuyéndose los mismos en categorías/actividades y contabilizándose el nº de ocasiones en que durante el periodo de análisis se produjeron problemas en ellos. Los datos se ordenaron en orden descendiente de frecuencias tal y como debe hacerse para la construcción del diagrama. En la siguiente página se muestra tanto la tabla como el diagrama de Pareto del caso en estudio.

TABLA DE PARETO				
Nº	ACTIVIDAD	Nº VECES	FRECUENCIA (%)	FRECUENCIA ACUMULADA (%)
1	Falta de orden y limpieza en el lugar de trabajo	42	32.3	32.3
2	Falta de motivación de los trabajadores de la división	31	23.8	56.2
3	Problemas de planificación de la producción	27	20.8	76.9
4	Problemas de comunicación	11	8.5	85.4
5	Problemas de espacio	7	5.4	90.8
6	Fallos en equipos o desgaste de las herramientas	4	3.1	93.8
7	Fallos por falta de formación específica del personal	3	2.3	96.2
8	Problemas de control de la producción	2	1.5	97.7
9	Fallos por problemas de documentación	2	1.5	99.2
10	Pérdidas de tiempo por falta de estandarización	1	0.8	100.0
TOTAL		130	100	

DIAGRAMA DE PARETO



El diagrama de Pareto que acaba de representarse debe interpretarse usando el principio que lleva su nombre (véase anexo II). Observando el diagrama puede comprobarse como la gran mayoría de los problemas (en torno al 80 %) son provocados únicamente por 3 actividades (las nº 1, 2 y 3). Éstas son las "pocas vitales" que dan lugar a la mayoría de los problemas de despilfarros, por lo que son las que deben atacarse en primer lugar en la etapa de medidas correctoras. Como ya se ha comentado, esto no indica que el resto deban desecharse y no prestárseles atención ni proponerse mejoras sobre ellas, ya que iría en contra del principio de mejora continua por el cual se rige el Lean Management, pero si queda clara la priorización del proceso de mejora hacia esas actividades que generan la mayoría de los problemas en el proceso de producción de composites.

5.4. DIAGRAMA CAUSA – EFECTO (ISHIKAWA)

5.4.1. Introducción

El siguiente paso en esta etapa de diagnóstico de la situación actual del proceso de producción en la planta de composites es la construcción del diagrama causa – efecto, que permite esquematizar las posibles causas que dan lugar a un efecto determinado, despilfarros en este caso.

Este diagrama facilita recoger las numerosas opiniones expresadas por el equipo sobre las posibles causas que generan el problema. Se trata de una técnica que estimula la participación e incrementa el conocimiento de los participantes sobre el proceso que se estudia. Es por ello que previamente a su construcción se usará la herramienta "Brainstorming" (tormenta de ideas) para dicho fin y así obtener las causas de los problemas.

Esta herramienta del Lean Management se trata con mayor profundidad junto al resto en el anexo II.

5.4.2. Etapa de Brainstorming

Al ser quizás el método creativo de su categoría más extendido y conocido, se consideró la mejor opción para determinar las posibles causas a los problemas el desarrollo de una sesión de tormenta de ideas en la que se enfocó esta cuestión desde el punto de vista de las "5M" (véase anexo II, diagrama causa – efecto y tormenta de ideas), que es el método habitual seguido en la construcción de los diagramas causa – efecto en procesos manufacturados. Al ser el objeto de esta sesión de tormenta de ideas la realización de dicho diagrama a partir de las conclusiones obtenidas, el enfoque tomado es el de las "5M".

En primer lugar se estableció el grupo de personas que debería participar en ella para cubrir el mayor campo de acción respecto al proceso productivo posible. Este estaba compuesto por un total de 7 personas: los responsables de producción y de calidad en la fabricación, el jefe de taller/verificador y 3 operarios. El proyectista asumía las labores de moderador o facilitador de la reunión.

Con una antelación aproximada de una semana se comunicó vía correo electrónico con acuse de recibo a los seleccionados la fecha de la sesión, su duración aproximada (1 hora y media), el problema a tratar (problemas que no permiten que el proceso de producción se lleve a cabo con eficiencia y sin desperdicio de recursos de cualquier tipo) y mecánica que se seguiría en la misma (una primera fase de tormenta de ideas de flujo libre seguida de una segunda de análisis de las ideas anotadas para su inclusión en un diagrama de causa – efecto).

Una vez emitida la cuestión ya citada al inicio de la reunión comenzó la etapa de flujo libre de ideas, anotándose las mismas en una pizarra. Algunas de las ideas que se emitieron en esta etapa son las siguientes:

- Problemas de espacio en las zonas de producción (sala limpia, área de autoclave y recanteo, etc.).
- Mal estado de los equipos y herramientas debido a un mantenimiento deficiente.
- Gran desorden en las zonas de producción, muy especialmente en la sala limpia, en la que se pierde una gran cantidad de tiempo buscando una determinada herramienta o utensilio, o algún tipo de material auxiliar.
- Falta de formación en algunos aspectos considerados clave en la fabricación, tales como calidad en la producción, prevención de riesgos laborales y medidas de seguridad aplicables, etc., así como carencia de formación específica en software de apoyo a la producción (hojas de cálculo, AutoCAD, bases de datos, etc.).
- Escasez de recursos, tanto a nivel humano (falta de personal sobre todo en momentos de grandes cargas de trabajo) como materiales (previsión de consumos de materiales).
- Falta de conocimiento de la normativa aeronáutica específica aplicable al sector de los composites, tanto normativa externa de clientes (especialmente desconocimiento de la norma principal de fabricación R+W-K-766) como interna (procedimientos).
- Desorden ya no sólo a nivel físico sino también a nivel lógico de documentación en soporte digital. Multiplicidad de documentos que retrasan los procesos y falta de una estructuración normalizada y lógica para los recursos electrónicos ligados a la producción.
- Muchos problemas por el alto nivel de stocks entre los distintos sub-procesos, especialmente en la zona final de verificación y envío donde se acumulan un gran nº de piezas.
- Gran variabilidad en los volúmenes de pedido.

- Incumplimiento de las normas (en gran medida por desconocimiento específico de las mismas).
- Mantenimiento defectuoso de los distintos equipos informáticos usados para el control de producción tanto por parte de los técnicos como de los propios operarios.
- Mala comunicación tanto entre operarios (pie de planta) y zona de ingeniería (responsables de producción y calidad) como entre departamentos.
- Sistema informático de gestión de la documentación de producción (órdenes de producción, hojas de control de vida, libros de Lay-Up, etc.) muy anticuado y con falta de fluidez y flexibilidad para la adaptación a trabajos que difieran ligeramente de los habituales.
- Problemas de calidad debido a la baja automatización del proceso (trabajo muy manual, en ocasiones considerado casi artesanal), que da lugar a que se produzcan algunos defectos en determinadas piezas, especialmente en aquellas formadas por muchas telas de material prepeg. y en aquellas que incorporan telas de refuerzo de tamaño menor al de la pieza general. Pesadez en operaciones de larga duración como es el caso del corte manual de telas de material prepeg.
- Desconocimiento mientras se trabaja (tanto a pie de planta como en la zona de ingeniería) de lo que ocurre en otras zonas, así como fallos en el flujo comunicativo.
- Falta de procedimientos estandarizadas para algunas tareas de apoyo a la función de producción (orden y limpieza por ej.).

Una vez terminada esta primera fase se procedió a la segunda, en la que las distintas ideas propuestas se fueron analizando y dándoseles forma para reflejarlas posteriormente en el diagrama causa – efecto el proceso de producción en la planta de composites.

5.4.3. Etapa de construcción del Diagrama Causa – Efecto

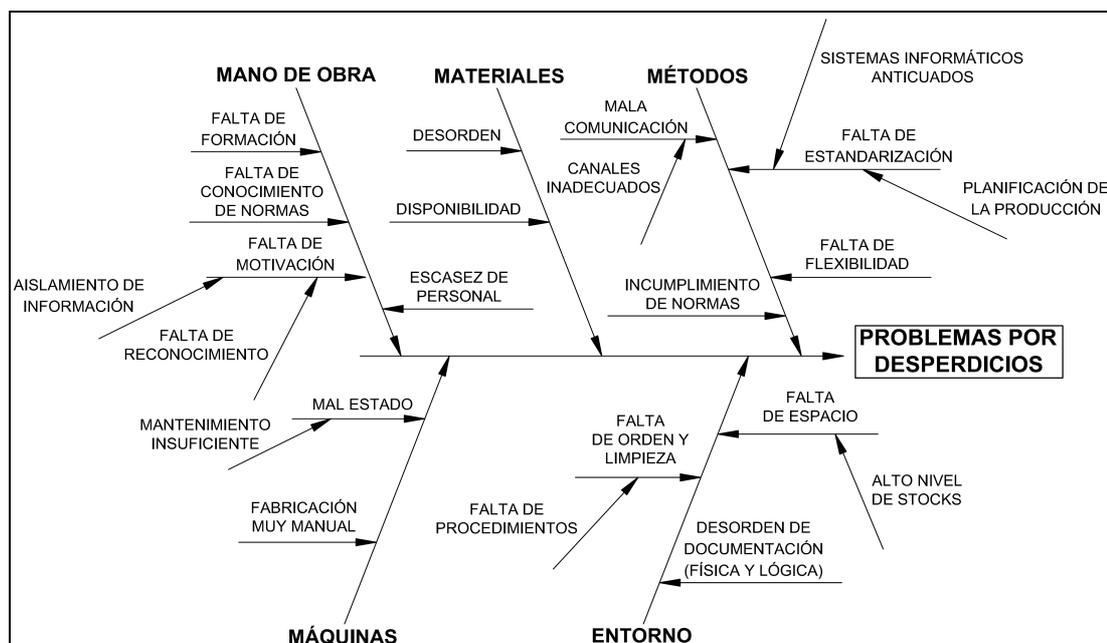
Los resultados obtenidos en la sesión de “Brainstorming” debían organizarse de una manera lógica de forma que pudiera visualizarse de un modo sencillo las causas que originan los problemas (efectos); de este modo se decidió representar los resultados en un diagrama causa – efecto.

Para las “causas principales” que aparecen en el diagrama se siguieron los factores propuestos por las “5M” como ya se ha comentado: mano de obra, materiales, métodos, máquinas y medidas; sustituyéndose en este caso esta última por el entorno de trabajo.

Las “causas principales” aparecen derivadas directamente de las conclusiones obtenidas en la sesión anterior de “Brainstorming”.

Los resultados quedan representados en el diagrama a continuación:

DIAGRAMA CAUSA – EFECTO (ISHIKAWA)



Análisis del diagrama

MANO DE OBRA: hace referencia a los operarios que trabajan en la planta de producción. Las distintas causas ligadas a estos que daban lugar a desperdicios de recursos son:

- Falta de formación: ya comentada en la etapa de la tormenta de ideas, la formación en distintos ámbitos de los trabajadores es fundamental para que se desenvuelvan mejor en su trabajo.
- Falta de conocimiento de normas: realmente muy relacionada con la anterior, aunque se sitúa aparte en el diagrama debido a la urgente necesidad de conocer con gran profundidad las normas en las que deben basar su trabajo diario.
- Falta de motivación: tanto derivada del aislamiento de información que parecen sufrir como de la falta de reconocimiento de su labor en el fin común de la empresa, el ánimo y las ganas de trabajar deben ser objeto de estudio ya que forman uno de los factores más poderosos (sino el que más) en la gestión de los recursos humanos en la función de producción.
- Escasez de personal: especialmente notable en aquellos momentos en que aumenta el volumen de producción, y unido a la poca flexibilidad de la misma puede provocar grandes cuellos de botella en distintas zonas del proceso.

MATERIALES: hace referencia a las materias primas y auxiliares usadas diariamente en la producción de composites. También se refiere a las herramientas de pequeño tamaño usadas en la fabricación.

- Desorden: no es fácil determinar qué unidad de material se está utilizando en cada momento, por lo que habitualmente se da el caso de varios rollos de cintas dispersos por la zona de producción

(especialmente en la sala limpia), siendo imposible de este modo el control de los stocks de materiales. Los restos se suelen dejar mezclados con los materiales en uso de modo que se pierde un tiempo considerable buscando materiales en el momento en que son necesarios. El desorden también es aplicable a las herramientas de trabajo, nunca localizadas en el mismo sitio y siempre debiendo preguntarse a varias personas para determinar quién fue la última en usar un determinado utensilio para que recuerde en qué lugar ya no de la zona de producción sino de la empresa lo dejó.

- Disponibilidad: se considera escaso el nº de herramientas de que dispone el personal, así como las previsiones de consumos en material auxiliar; no obstante puede ser un efecto derivado del desorden, que una vez subsanado la disponibilidad volverá sus cauces normales.

MÉTODOS: hace referencia al modo en que se lleva a cabo el proceso de producción, y a las distintas técnicas que intervienen para que se produzca la transformación de materias primas a productos finales.

- Mala comunicación: deficiencia en el flujo comunicativo tanto entre pie de planta con la zona de ingeniería como entre distintos departamentos. Los canales de comunicación no son los adecuados. También se incluye en este aspecto la ausencia de un sistema fiable de sugerencias y opiniones de los trabajadores sobre el proceso en el que están envueltos.
- Falta de estandarización: la mayor parte de los sub-procesos no están estandarizados, y a pesar de que existen procedimientos redactados por ingeniería de calidad no se usan como soporte a la fabricación. Se deriva de problemas de planificación de producción, entre otros aspectos debido a la escasísima

flexibilidad del sistema de gestión informático de la producción, así como de problemas ligados a otras causas como recursos humanos, materiales y la disponibilidad de los mismos.

- Falta de flexibilidad: transiciones difíciles entre programas de producción distintos, así como adecuación de la producción a un nuevo programa experimental o necesidades de trabajo en líneas de I+D+i o VIP.
- Incumplimiento de normas: los métodos de trabajo que se siguen muchas veces no están de acuerdo a la normativa aeronáutica, debido en su mayor parte al desconocimiento de los aspectos fundamentales de las mismas pero aún así influyendo directamente en los métodos de trabajo.

MÁQUINAS: hace referencia a los equipos que intervienen en el proceso de producción.

- Mal estado: debido a un mantenimiento insuficiente y anticuado, de tipo únicamente correctivo. Se suma a esto la ausencia de un departamento de mantenimiento especializado, teniendo en cuenta que a pesar de ser un proceso productivo muy manual, la etapa de polimerización en autoclave y todos sus equipos complementarios (bombas, compresores, etc.) es crucial.
- Fabricación muy manual: como ya se ha comentado anteriormente, el proceso de producción es muy manual, y la etapa que se desarrolla en el interior de la sala limpia tiene carácter casi artesanal.

ENTORNO: hace referencia al lugar donde el personal se desenvuelve para llevar a cabo la fabricación, y, por tanto, al espacio donde se lleva a cabo la misma, incluyéndose también las zonas ocupadas por los distintos equipos que intervienen, así como la zona de expediciones.

- Falta de espacio: motivada directamente por el alto nivel de stocks del proceso, la movilidad queda muy reducida ya no sólo por la propia falta de espacio físico sino por la mala distribución de elementos en el área.
- Falta de orden y limpieza: como pudo observarse en el diagrama de Pareto, la causa que más desperdicios produce y sobre la que debe actuarse en primer lugar es el Housekeeping de la planta; el orden y la limpieza de todas las zonas de producción está por debajo de los niveles necesarios para una fabricación óptima, y un retorno a la disciplina básica en este aspecto se hace inminente para una mejora continua en la planta, con la creación de procedimientos dedicados exclusivamente a estos menesteres.
- Desorden de documentación (física y lógica): el entorno de trabajo debe estar provisto de la documentación necesaria de trabajo, sin embargo no está claro dónde encontrar un documento determinado, ni siquiera si se encuentra disponible en soporte digital. La excesiva multiplicidad de documentación perjudica el trabajo de producción.

5.5. DIAGNÓSTICO POR CATEGORÍAS

Una vez analizados todos los resultados y observaciones del análisis en tiempo real llevado a cabo en la planta de producción de composites se procede finalmente a exponer las conclusiones sobre los distintos aspectos implicados de una forma categorizada que permita posteriormente una mejor comprensión de las distintas propuestas de mejora planteadas.

Las categorías se han formado en base a los resultados de priorización obtenidos mediante el diagrama de Pareto, del mismo modo que se plantearán posteriormente las mejoras.

5.5.1. Organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo

A lo largo de toda la etapa de análisis objeto del presente capítulo se ha podido comprobar que el aspecto que más se repite y que abarca prácticamente todos los ámbitos es el del orden y la limpieza del lugar de trabajo. En un principio quizás la mayoría de las personas podrían pensar como ocurría hasta hace unos años que estos asuntos no son cruciales en una organización, y menos si cabe en una planta de producción. Habitualmente se considera a la función de producción como algo exento de cumplir unas necesidades de orden, mientras funcione. La cuestión es que no lo hace, o, al menos, no como podría llegar a hacerlo de concienciarse de la enorme cantidad de recursos despilfarrados como consecuencia del desorden de la planta. Queda claro pues este debe ser uno de los primeros pasos que debe darse desde la dirección para comenzar un proceso de mejora continua.

La organización del lugar de trabajo no sólo persigue motivos estéticos, sino que además es un indicador directo de la actitud de mejora en una organización, un indicador de que la política de gestión de la empresa está orientada a la mejora continua. El orden y la limpieza inciden directamente en la moral de los trabajadores (y ésta en su motivación, factor esencial de toda empresa), en las relaciones entre ellos y con los mandos, y en el nivel de las actividades de perfeccionamiento.

Como se ha comprobado, los tiempos de valor añadido que se producen en la organización como consecuencia de la falta de orden son un despilfarro enorme, son tiempos que podrían emplearse en añadir valor al producto de otro modo, pero sin embargo se emplean en buscar herramientas, materiales, transportes innecesarios, búsqueda de documentación, etc. Está demostrado que existe una relación muy estrecha entre la calidad del orden y limpieza con el índice de productos defectuosos,

con la cantidad de averías en las máquinas, los recorridos de los materiales en la planta, el nivel de stocks, etc.

De los análisis realizados se ha podido comprobar como en la planta de composites el nivel de orden y limpieza no es bueno, por lo que existe una carencia clara de concienciación hacia esta disciplina básica que tantísimos beneficios puede reportar.

Especialmente en la sala limpia, el área de condiciones controladas donde se lleva a cabo el apilamiento (área de Lay-Up) de las telas sobre el útil (molde) en cuestión, el desorden imperante es muy elevado. Las herramientas no tienen una localización fija, sino que pueden encontrarse en cualquier lugar de la sala, normalmente allí donde se usó por última vez y se dejó "abandonada". Los distintos rollos de pastas de sellado de vacío (blanca y amarilla) se encuentran dispersos por la sala, y cuando no se encuentra uno que ya haya comenzado a ser utilizado se va directamente a la caja de reposición y se abre uno nuevo, resultando diversos rollos dispersos por la sala limpia cada uno con una cantidad determinada. Esto no sólo ocurre con las pastas de sellado, sino también con la cinta de contorno de fibra de vidrio, retenedor de corcho, cinta de alta temperatura, etc. El resultado es una dispersión absoluta de materiales y herramientas por la zona, de modo que la única técnica posible para encontrar el elemento que se necesita es buscar hasta que se encuentra. Esto ya no sólo produce pérdidas de tiempo, sino que dificulta el control de consumo de material, de modo que es muy complejo determinar los plazos de aprovisionamiento que permitirían disminuir el nivel de stocks, nivel que a su vez enmascara otros muchísimos problemas en la planta de producción.

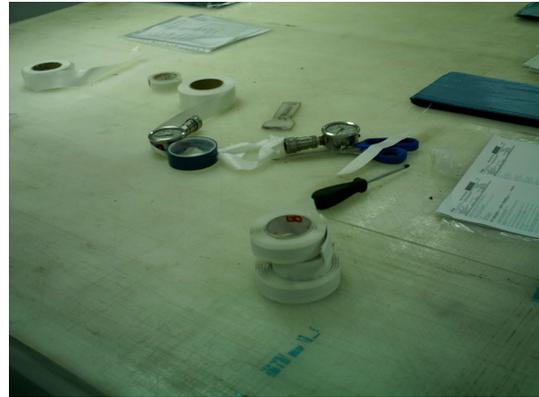
El desorden no sólo se produce en lo referente a herramientas y materiales, sino que también está presente en la documentación aplicable al proceso productivo. Los manuales de trabajo, planos, R.E.P.'s, etc.

presentan el mismo problema: no es intuitivo el acceso a ellos pues no tienen una ubicación determinada. Además, existe gran cantidad de documentación no necesaria y duplicada especialmente en la sala limpia que dificulta la búsqueda de aquella que si se requiere. Las órdenes de producción, documento esencial para desarrollar la fabricación ya que los operarios deben ir sellando las operaciones tal cual las completan en el documento prácticamente nunca se encuentran junto a la pieza a la que corresponden, sino que las piezas se colocan en una zona y las órdenes en otra, lo que provoca pérdidas de tiempo en el momento de trazar cada orden con su pieza. Todos estos problemas se repiten en las zonas de autoclave y recorte, donde ocurren cuestiones similares con los útiles de moldeo, siendo su localización en el momento en que son necesarios bastante tediosa. La única excepción es la cámara frigorífica, en cuyo interior se encuentran dispuestos los distintos kits y materiales de una forma ordenada, y en cuya puerta existe un mapa de situación que permite el acceso rápido a cualquier zona de la misma.

Se dan casos de amontonamientos innecesarios provocados por la falta de decisión a la hora de desechar los objetos o materiales que no se están usando porque se sabe que se usarán en el futuro. En algunas ocasiones los operarios guardan sus herramientas para tenerlas más a mano, sin percatarse de que si en un determinado momento se les requiere para otra labor el que desarrolle su actividad debe tener acceso a las herramientas para poder realizarla. Éstas deben estar ordenadas de tal manera que permanezcan a la vista de todos.

No existe un inventario de herramientas definido, por lo que en un momento puede haber una herramienta en una zona y en otro no, sin tener un control de cual es el lugar de la misma cuando ha dejado de usarse. Este problema trae como consecuencia que en ocasiones deban adquirirse nuevas herramientas por el extravío de otras.

A continuación se muestran algunas imágenes reales indicativas de lo que se ha venido comentando hasta el momento:



Imágenes 90 y 91

Herramientas y materiales dispersos por la zona de trabajo sin orden mientras no se trabajaba en la sala limpia, junto a órdenes de producción sin trazar con sus piezas



Imagen 92

Estantería de sala limpia con retales de material y sin orden de herramientas



Imagen 93

Zona de entrada de órdenes de producción a la sala limpia

Le experiencia ha demostrado que en muchas empresas no se considera el orden y la limpieza en el lugar de trabajo como una condición fundamental de mejora continua, y se aprende a vivir con esa situación. Realmente el trabajo diario sería mucho más fácil con los puestos de trabajo ordenado, las herramientas y materiales localizados, y con sólo lo que es realmente útil en la zona, eliminando todo aquello que no sirva.

5.5.2. Organización funcional

El "diseño organizativo" es el proceso por el cual se define la estructura de una organización o la forma de ordenar y formalizar el conjunto de relaciones, flujos de autoridad, decisiones, etc., y se establecen los niveles jerárquicos en que éstas se ponen en práctica. En definitiva lo que se pretende es alcanzar un cierto "orden" entre los individuos, entre sus preferencias y sus actividades, con respecto a los recursos disponibles manejados, y para cumplir ciertos objetivos, tanto organizacionales como individuales.

Por tanto, la "estructura organizativa" se entiende como el modo de ordenar un conjunto de elementos, unidos entre sí mediante redes de procesos, autoridad y decisión.

Los "principios de diseño" son las variables internas formales o parámetros que estructuran la organización de manera vertical u horizontal.

En la organización en estudio se identifican los siguientes aspectos:

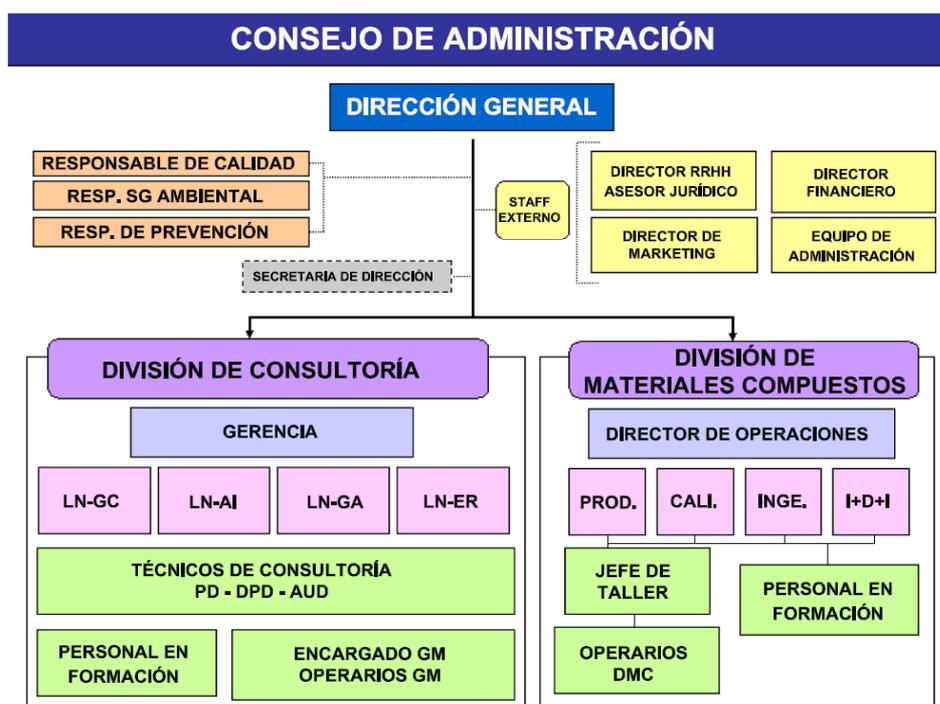
- Los objetivos a conseguir (anuales normalmente, por periodos) son establecidos por una "unidad de dirección" (Director General).
- Estructura organizativa jerárquica donde existe una ordenación a distintos niveles. Según la posición de los mismos a lo largo de la estructura (vertical, como se verá posteriormente) desarrollan en mayor o menor medida el principio de autoridad, responsabilidad y el control del flujo o proceso de trabajo.
- Especialización en flujo vertical: cada persona se dedica a la realización de su tarea (puesto de trabajo estrecho, no aplicable a todos los casos pero si de modo general). La mayoría de los trabajadores poseen límites de ejecución de su trabajo (en parte

propiciados por la falta de formación en otros temas), lo que da lugar a lo que se conoce como "enfoque a tareas".

- Mal sistema de comunicación, tanto inter como intradepartamental. Cada departamento conoce sus problemas, pero se encuentra prácticamente ajeno a los que ocurren en otras áreas. El flujo comunicativo es muy deficiente.

Todos estos factores favorecen la aparición de determinadas situaciones no deseables, entre las que se pueden destacar: departamentos que trabajan descoordinados, funciones aisladas y mal conexionadas en torno al proceso global, pérdida de calidad en el trabajo que se lleva a cabo, pérdida de tiempo, exceso de burocracia en torno a la toma de decisiones y a la realización de acciones, etc.

La mayoría de los aspectos que acaban de citarse son indicativos de una organización con un diseño en "estructura vertical", cuya estructura queda evidenciada en el organigrama que se presenta a continuación:



5.5.3. Motivación del personal: sistema de incentivos

Ya se ha comentado la necesidad presentada por los proyectos de mejora continua basados en la gestión Lean Management de que todas las personas de la organización alcancen altos niveles de compromiso e identificación con el fin común. No obstante, las acciones promovidas por las empresas en busca de mejoras suelen presentar problemas debido a que las personas que deben sacarlas adelante no están comprometidas y mucho menos involucradas en el nuevo desafío, en esa búsqueda de una situación mejor para la empresa que, en definitiva, también representa una mejor situación para ellas, sólo que no es una situación alcanzable sin dedicación y compromiso. Se hace necesario pues investigar y ahondar en las razones y factores que dificultan la implantación de mejoras, para determinar los mecanismos de potenciación, de modo que permitan aumentar los alcances y efectividades de la implantación. La cuestión en definitiva no es otra que cómo lograr que las personas de la organización consideren importante el proceso de mejora, y presente una actitud activa y positiva frente a él, no viéndolo como un lastre a sufrir en el desarrollo de su trabajo diario, sino como algo beneficioso para todos y de lo cual quieran sentirse parte.

En el análisis efectuado del factor humano como herramienta de mejora Lean (anexo II) queda patente que la organización debe dedicar cuantos recursos sean necesarios a conseguir motivar a las personas y a hacerlas partícipes de todo lo que acontece a la organización; en definitiva debe encontrar las formas más adecuadas para incentivar al personal, ya que sólo así lograrán disponer del máximo potencial disponible en recursos humanos, en definitiva el capital más preciado de una organización.

De los análisis que se han venido realizando se han podido comprobar ciertos aspectos relativos a este tema: la motivación de las personas implicadas en el proceso de producción de piezas de materiales

compuestos no se encuentra en un valor favorable, es más, se producen grandes pérdidas de tiempo y de recursos en general debido a la falta de identificación de los trabajadores con su organización; se sienten externos a la misma y la sensación es de que no reciben compensaciones justas (o al menos que ellos consideren justas) por su trabajo. Como pudo comprobarse mediante el análisis de Pareto, la falta de motivación es el segundo factor más importante generador de desperdicios.

La misión de un sistema de incentivos es lograr alinear de algún modo los objetivos individuales de los empleados con los de la empresa; en la medida que se logre esa alineación, se ha de hablar de eficiencia del sistema. Y, en definitiva, para lograr que un sistema retributivo sea eficiente son necesarios al menos los siguientes aspectos:

- La empresa debe informar continuamente a sus empleados sobre cuáles son sus objetivos, y demostrarles que ellos son parte esencial del trabajo que debe llegar a conseguirlos. Los trabajadores deben sentir que lo que consigue la empresa lo hace gracias a su trabajo bien hecho, y que la empresa es consciente de ello. El sistema de incentivos debe permitir que fluya esta información de objetivos a los trabajadores.
- El sistema debe permitir a la empresa conocer las desviaciones que se producen con respecto a la consecución de esos objetivos por parte de los empleados, para tomar las medidas necesarias.
- Debe ser capaz de corregir esas desviaciones.

Actualmente, los empleados implicados directamente en el proceso productivo, que son aquellos que en definitiva fabrican las piezas que van a facturarse posteriormente, reciben únicamente su sueldo. No existe un sistema que les incentive en función de la producción o de los resultados marcados por los distintos indicadores ya analizados en el capítulo anterior

directamente relacionados con la producción y por tanto con ellos mismos. La filosofía que se les transmite desde los mandos superiores es que lo importante es fabricar lo más rápido posible garantizando los niveles de calidad, sin cometer errores, ya que fallos en la producción (recuérdese el que las características del tipo de proceso hace que sea una producción muy manual) se traducirán en defectos de calidad que, si exceden los límites marcados en la normativa aeronáutica de fabricación, darán lugar a establecimientos de HNC (Hojas de No Conformidad) para las piezas en cuestión, paralizándose por tanto la facturación de las mismas. Lo que realmente interesa al fin y al cabo es facturar.

Tampoco existe ningún tipo de sistema de incentivo no directamente económico. Resulta sorprendente el efecto que puede tener en una persona unas palabras de ánimo y de felicitación por un trabajo bien hecho. La falta de comunicación (o la mala calidad de la misma) da lugar a que las personas trabajen porque saben que tienen que hacerlo, pero una vez terminan de fabricar una pieza, no conocen qué rumbo toma, ni si el cliente quedó satisfecho o no, no reciben retroalimentación de aquello que han fabricado y en lo que han invertido horas de esfuerzo; hecho que poco a poco va mermando la motivación con que la persona desarrolla su trabajo.

La comunicación de resultados y el establecimiento de un sistema por el cual los empleados conozcan los índices/indicadores se hace fundamental de este modo para conseguir su identificación con el proceso y con los objetivos de la empresa, para encontrar un afán de superación y en definitiva de mejora continua que les permita evolucionar como profesionales y que además les haga partícipes del éxito de su organización. Se hace pues necesaria la búsqueda de un sistema de incentivos que favorezca todas estas cuestiones, y que permita de este modo mantener la competitividad de la organización en el complejo y cambiante mercado actual.

5.5.4. Formación del personal

Cualquier organización debe ser consciente de la importancia que tiene la formación de su personal para el desempeño de las actividades que componen la misma. La formación debe estar vigente para que la empresa, o mejor dicho el personal que la constituye sea capaz de adaptarse a la rápida evolución tecnológica, como ser capaz de responder a las demandas cambiantes del mercado actual.

Por todo ello, la formación debe ser un factor a gestionar del mismo modo que la calidad, el medio ambiente, la higiene y la salud laboral, etc. Esta gestión debe contemplar la selección e identificación de los procesos de formación. Del mismo modo, éstos deben estar planificados de una forma lógica y secuencial, de tal forma que esté fundamentada en las necesidades de formación y desarrollo del personal, así como en los objetivos del propio proceso de formación, como pueden ser la perfección de las actividades llevadas a cabo a lo largo de cualquier proceso de la organización, o bien, la capacitación en determinados objetivos hacia donde la empresa desea dirigirse en un futuro próximo.

Y lo más importante, el fin último al que debe orientarse cualquier proceso de formación: lograr unas determinadas conductas en las personas dentro del mundo laboral. En definitiva, se pretende que las personas evolucionen en su trabajo, que mejoren, ya que si se desea seguir políticas de mejora continua en una organización, por donde primero debe comenzarse es por las personas que la integran. Estas conductas de las personas se consiguen mediante procesos de formación en los que se perfeccionen o modifiquen aptitudes y se impartan conocimientos.

A pesar de que la formación en principio no es uno de los problemas de mayor prioridad a solucionar en la planta de producción de composites, si

queda claro con el análisis llevado a cabo que no está bien gestionada, o, al menos, no todo lo que podría estarlo. La división de materiales compuestos cuenta con una política de formación que en principio es bastante adecuada, ya que en sus procedimientos se recoge que todas las personas que se incorporen a la misma deben pasar por un periodo de formación interna. Esto sin embargo se aplica y sólo en ocasiones a los nuevos técnicos incorporados a la sección de ingeniería, pero no a los operarios. Éstos reconocieron al encuestárseles que no habían recibido ningún tipo de formación por parte de la empresa para desarrollar su trabajo, ni siquiera en cuestión de riesgos laborales o seguridad relativa al uso de producto químicos peligrosos.

La formación orientada a las personas actualmente se distribuye tal y como se muestra a continuación.

Las personas que se incorporen a la división de materiales compuestos deben de pasar por un periodo de formación interna. En este periodo el personal responsable de la persona en cuestión facilita una formación tanto a nivel teórico como a nivel práctico, cuyo objetivo es conseguir que la persona domine al final del periodo de formación aspectos tan diversos como son:

- Diseño y fabricación de piezas en CFRP (Plástico Reforzado con Fibra de Carbono).
- Desarrollos de proyectos relacionados con los materiales compuestos a nivel de fabricación.
- Desarrollo de proyectos a nivel de I+D+i.
- Conocimiento de un sistema de gestión de producción.
- Conocimiento de la ingeniería de planta en una nave de fabricación de elementos en CFRP.
- Gestión de recursos para el desarrollo de proyectos.

Como prueba de nivel inicial debe realizar un examen de conocimientos de materiales compuestos.

Para poder conseguir estos resultados, se desarrolla un plan de formación interno, de 6 meses de duración estimada, en los que se incide en aspectos tanto a nivel teórico (técnico) como práctico (operativo). Para desarrollar esta formación se dividen los meses de formación dependiendo de las distintas áreas de operación y de conocimiento. Así en cuanto a la formación práctica (operativa), existen las siguientes áreas:

- Área de sala limpia.
- Área de autoclave.
- Área de recanteo.
- Área de recepción y expediciones.

En cuanto a la parte técnica (teórica), las distintas áreas de conocimiento son:

- Conocimiento general en CFRP.
- Conocimiento en fabricación de CFRP.
- Conocimiento en tecnologías de CFRP.
- Conocimiento en la gestión de producción de CFRP.
- Conocimiento en la gestión del sistema de calidad de la división de materiales compuestos.

En las siguientes páginas se muestra tabulado el “*Plan Formativo de la División de Materiales Compuestos*”.

MES	CATEGORÍA	PERIODO	NIVEL TÉCNICO	DOCUMENTACIÓN	NIVEL OPERATIVO	ÁREA
Mes 1	Técnico Categoría 1	1ª Quincena	Conocimiento general de CFRP	Procesos y procedimientos DMC	Corte de telas de CFRP y apilamiento	Sala limpia
		2ª Quincena	Conocimiento general de CFRP	Procesos y procedimientos DMC	Corte de telas de CFRP, apilamiento y bolsas de compactación	Sala limpia
Mes 2	Técnico Categoría 2	1ª Quincena	Conocimiento en fabricación de materiales compuestos	Libros de Lay-Up y documentación anterior	Etapas anteriores y realización de bolsas de curado de paneles planos	Sala limpia
		2ª Quincena	Conocimiento en fabricación de materiales compuestos	Libros de Lay-Up y documentación anterior	Etapas anteriores y realización de bolsas de curado tubulares	Sala limpia
Mes 3	Técnico Categoría 3	1ª Quincena	Conocimiento de mecanizado de materiales compuestos	Órdenes de producción	Mecanizado, rebabado y acabado de piezas planas	Área de recateo y expediciones
		2ª Quincena	Conocimiento de mecanizado de materiales compuestos	Órdenes de producción	Mecanizado, rebabado y acabado de piezas planas	Área de recateo y expediciones
Mes 4	Técnico Categoría 4	1ª Quincena	Conocimiento de reparación de materiales compuestos	HNC's y hojas de propuestas de reparación	Reparación y procesos de mecanizado y acabado de piezas de geometría variable	Área de recateo y expediciones
		2ª Quincena	Conocimiento de reparación de materiales compuestos	HNC's y hojas de propuestas de reparación	Reparación y procesos de mecanizado y acabado de piezas de geometría variable	Área de recateo y expediciones

MES	CATEGORÍA	PERIODO	NIVEL TÉCNICO	DOCUMENTACIÓN	NIVEL OPERATIVO	ÁREA
Mes 5	Técnico Categoría 5	1ª Quincena	Conocimiento de tecnologías de fabricación de materiales compuestos	Seminarios internos de formación	Control de ciclos de autoclave y control de mantenimiento del autoclave	Área de autoclave
		2ª Quincena	Desarrollo y seguimiento de órdenes de producción	Seminarios internos de formación	Diseño por CATIA V5 de elementos	Sala limpia
Mes 6	Técnico Categoría 6	1ª Quincena	Desarrollo de IT's y procedimientos para nuevos procesos	Documentación de proyectos en curso y documentación del sistema de gestión de calidad DMC	Seguimiento de proyectos en curso con el equipo de materiales compuestos	Sala limpia / Oficinas
		2ª Quincena	Elaboración de información para realizar un proyecto de I+D+i y ejecución del existente	Documentación de proyectos en curso y normativa de I+D+i	Seguimiento de proyectos en curso con el equipo de materiales compuestos	Sala limpia / Oficinas

En la división de materiales compuestos se pueden distinguir 5 niveles formativos, detallándose a continuación las necesidades para el cumplimiento de cada uno de ellos:

NIVEL 1	
PRÁCTICO	TEÓRICO
Experiencia de al menos un mes en las actividades desarrolladas en la sala limpia (corte de telas, apilamiento y fabricación de bolsas de curado).	Haber superado el test inicial para NIVEL 1 (TEST-N1-DMC).

NIVEL 2	
PRÁCTICO	TEÓRICO
Experiencia de dos meses en las actividades desarrolladas en la sala limpia (corte de telas, apilamiento y fabricación de bolsas de curado).	Haber superado el test correspondiente al NIVEL 2 (TEST-N2-DMC).
Experiencia de al menos un mes en las actividades desarrolladas en la zona de autoclave y recanteo.	

NIVEL 3	
PRÁCTICO	TEÓRICO
<p>Experiencia de más de tres meses en las actividades desarrolladas en la sala limpia y áreas de autoclave y recanteo.</p> <p>Experiencia de tres meses en las actividades de gestión de la producción.</p>	<p>Haber superado el test correspondiente al NIVEL 3 (TEST-N3-DMC).</p> <p>Conocimiento absoluto de la normativa aplicable a la fabricación de laminados.</p> <p>Cursos formativos internos o externos.</p>

NIVEL 4	
PRÁCTICO	TEÓRICO
<p>Experiencia de más de seis meses en las actividades desarrolladas en la sala limpia y áreas de autoclave y recanteo.</p> <p>Experiencia de más de seis meses en las actividades de gestión de la producción.</p>	<p>Haber superado el test correspondiente al NIVEL 4 (TEST-N4-DMC).</p> <p>Conocimiento absoluto de la normativa aplicable a la fabricación de laminados.</p> <p>Conocimiento de diferentes tecnologías de fabricación de composites.</p> <p>Cursos formativos internos o externos.</p>

NIVEL 5	
PRÁCTICO	TEÓRICO
<p>Experiencia de más de un año en las actividades desarrolladas en el área de producción.</p> <p>Experiencia de más de más de un año en las actividades de gestión de la producción.</p>	<p>Haber superado el test correspondiente al NIVEL 5 (TEST-N5-DMC).</p> <p>Conocimiento absoluto de la normativa aplicable a la fabricación de laminados.</p> <p>Conocimiento de la normativa aplicable a la fabricación de composites.</p> <p>Conocimiento y desarrollo de diferentes tecnologías de fabricación de composites.</p> <p>Cursos formativos internos o externos.</p>

A pesar de la existencia de estos niveles formativos, no siempre son tenidos en cuenta ni aplicados al personal. Los tests de nivel no se realizan con una periodicidad determinada, y las sesiones formativas están normalmente orientadas a los técnicos de la división, en los que si se contempla como un factor potencial la formación continua. Ejemplos de este trato son diversas sesiones formativas internas desarrolladas durante el periodo de análisis, sesiones cortas pero de gran interés para técnicos, aunque poco orientadas a la fabricación propiamente dicha. A continuación se enumeran las sesiones formativas llevadas a cabo en este formato:

- Normas OHSAS 18001 de Prevención.
- Gestión Integral de la Recepción Técnica.
- La Gestión Comercial.
- Riesgos Derivados de las Actividades en la DMC.
- Aprovisionamiento Interno.
- Servicios de la Línea de Gestión Medioambiental.

De las sesiones citadas, la que con mayor iniciativa contó por parte de los operarios que trabajan en la fabricación de piezas es la de "Riesgos Derivados de las Actividades en la DMC", primera sesión formativa sobre prevención de riesgos laborales que se les ofrecía por parte del servicio subcontratado de prevención de la organización. Hasta esa fecha no había tenido lugar ningún tipo de formación al respecto. El resto de seminarios estaban más enfocados a los técnicos que al trabajo a pie de planta en sí.

Puede concluirse pues que al aspecto de la formación en la organización no se le da la importancia que debería tener, al menos en lo que se refiere a los aspectos más operativos de la fabricación de materiales compuestos. Los cursos y seminarios a los que tienen acceso los distintos técnicos de la sección de ingeniería les proveen de una excelente formación en diversos ámbitos, pero no se encuentra un enfoque claro hacia la formación multidisciplinar de las personas más implicadas en el proceso productivo en temas que agilizarían su trabajo y además los motivaría a hacerlo con mayor afán de superación y de crecimiento personal.

La formación está presente en la empresa, pero no es gestionada de la forma en que debería hacerse; no se analizan cuáles son las necesidades del personal de fabricación, no se planifica la formación en función de las necesidades de perfeccionamiento de habilidades ni en función de los requerimientos de calidad que exige la industria aeronáutica y que todos los operarios deberían tener totalmente presentes a la hora de fabricar.

Un aspecto que llama especialmente la atención es el hecho de que los operarios de la división conozcan la existencia de una norma aeronáutica de fabricación de materiales compuestos de fibra de carbono (analizada previamente en el capítulo anterior), pero carezcan de conocimientos en profundidad sobre los requisitos de la misma, teniendo en cuenta que es el documento básico según el cual debe fabricarse. A esto debe añadirse el hecho de que existan normas adicionales para operaciones de mecanizado, aplicación de sellantes y agentes desmoldeantes, etc., y que no haya tenido lugar ningún tipo de formación basada en dicha normas. Se ha demostrado a lo largo de este proyecto que en el mercado actual no basta sólo con producir, sino que la calidad de los productos debe ser un factor esencial de competitividad. Un proceso de producción enmarcado posiblemente en el sector de requerimientos de calidad más altos como es el aeronáutico, basado en una norma específica clave, debe disponer de un nivel de formación en dicha normativa de alto grado. No se trata de que los operarios conozcan de memoria la norma, pero si que se familiaricen de una forma intuitiva con los aspectos de mayor relevancia de la misma. Este aspecto también debe tratarse en referencia a la falta de información sobre normativas en las zonas de trabajo, como la escasa cantidad de paneles informativos disponibles sobre los aspectos básicos de trabajo. Normalmente estos "paneles de información" (que posteriormente también serán objeto de mejora) los construyen los propios operarios, y si su formación en temas de calidad en fabricación es escasa, el resultado de los tableros que construyan para hacer más sencillo su trabajo también lo será.

En definitiva puede concluirse que la formación impartida en la organización en aspectos como la calidad, el medio ambiente, la seguridad y salud laboral, el mantenimiento, etc., especialmente en el caso de los operarios de la división de materiales compuestos, es insuficiente.

5.5.5. Layout o distribución en planta

Hasta hace muy poco no se le había dado la importancia requerida a la distribución en planta en las fábricas, a pesar del importante desperdicio que puede provocar una distribución en planta mal planificada. En muchas organizaciones es resulta prácticamente imposible identificar el flujo de los materiales de un simple vistazo según la ubicación de los equipos, algo que debería tenerse siempre presente a la hora del diseño de una distribución en planta, ya que no deben ser necesarios varios recorridos por la fábrica para determinar de un modo fiable los flujos, éstos deben ser totalmente intuitivos.

Es habitual que existan operaciones que se realizan a una considerable distancia de la operación siguiente, algo totalmente en contra de un sistema de producción Lean. Las dos razones fundamentales por las que esto ocurre son:

- A medida que se produce el crecimiento de las fábricas, se crean nuevos puestos de trabajo allí donde hay espacio disponible, sin modificarse otros ya existentes para mantener un buen flujo.
- Se mantiene la creencia generalizada de que los tipos de máquinas y operaciones similares deben estar controlados por un único mando y localizados en un mismo área.

Estas características corresponden a una "distribución en planta funcional u orientada hacia la función". Esta distribución proviene directamente de las teorías tayloristas de la producción, y presentan problemas desde el punto de vista del flujo de los materiales y sobre todo desde la economía global de la fabricación. Algunos de los más significativos son los siguientes:

- Dificultad de coordinación y de programación de la fabricación.

- Acumulación de existencias en el proceso (stocks).
- Manipulación doble o triple de materiales.
- Plazo de fabricación extremadamente largo.
- Dificultad en identificar las causas de los defectos.
- Problemas para estandarizar el flujo de materiales y el trabajo de los distintos operarios.
- Dificultades para desarrollar acciones de mejora debido a la falta de estandarización.
- Existencia de obstáculos, debido a la distancia, para la comunicación y la visibilidad entre las personas de diferentes áreas, siendo complicado poner en práctica la idea de que la operación siguiente es el cliente de la anterior.

Esta situación se solventaría usando una “distribución en planta orientada hacia el producto”, en la que los procesos que realizan operaciones sucesivas se colocan uno al lado de otro. De este modo la identificación del flujo de materiales es totalmente intuitiva para cualquier persona y a simple vista. Algunas de sus ventajas son:

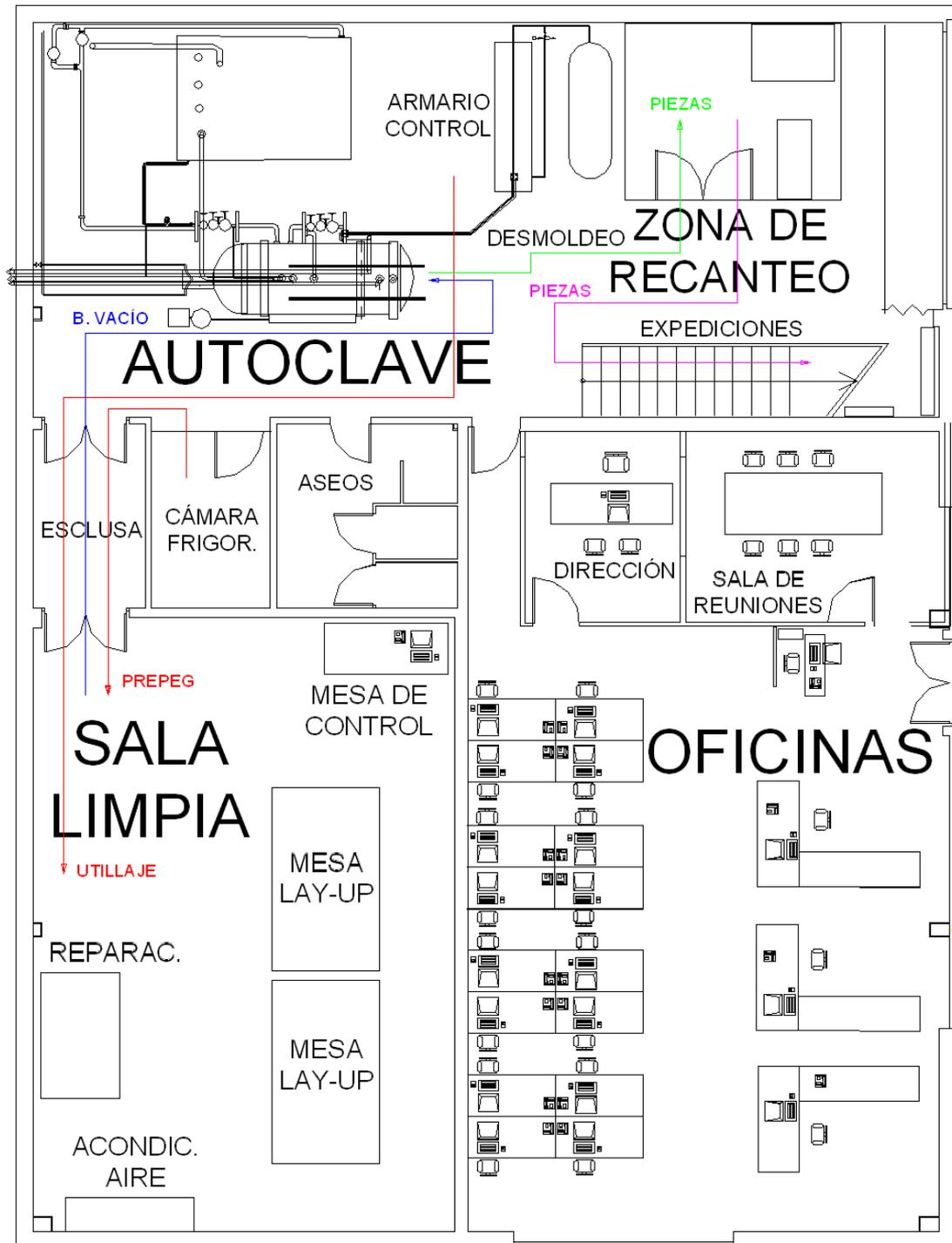
- Las operaciones están enlazadas con una proximidad mucho mayor y la distancia que tiene que recorrer el material para completar la secuencia total de producción es mucho menor, con lo que se reducen las operaciones de manutención.
- Se simplifica el flujo de las piezas.
- Se facilita el seguimiento de la producción, pudiéndose realizar con mayor facilidad reprogramaciones y asignaciones de tareas.
- Se pueden suprimir los almacenes intermedios, ganándose espacio para otros procesos de fabricación.
- Se reducen los plazos de fabricación.

- Se aumenta la rápida retroalimentación de información sobre defectos de calidad.
- Se tiene más claro quién es el cliente de una operación cualquiera.

Estos cambios de distribución no resultan nada sencillos, ya no sólo por los problemas de espacio que la planta pueda presentar, sino también porque generalmente chocan con personas que durante muchos años han realizado una función determinada exclusivamente y es difícil hacerles romper sus paradigmas en ese aspecto.

La distribución en planta en el caso en estudio es uno de los aspectos más singulares del mismo, ya que como se verá el espacio disponible para redefiniciones de este aspecto es prácticamente inexistente por las características de la propia planta. En el capítulo anterior se analizó en profundidad el proceso productivo, y se vieron esbozos del layout existente actualmente. Debido al espacio disponible, la realización de cambios sobre el mismo resulta prácticamente imposible, siendo sólo viable un replanteamiento de cómo se distribuyen las actividades en las distintas zonas, que será el objeto de una de las mejoras presentadas en el capítulo siguiente. La distribución de equipos y zonas en la planta de composites está orientada como ha podido comprobarse a la función, y no al producto, pero no debido a que se diseñara así opcionalmente, sino que por las características del emplazamiento no podía hacerse de otro modo. En la página siguiente se muestra el layout de la planta, señalándose los flujos que se producen, todos ellos ya estudiados previamente. El problema radica en que las operaciones que deben desarrollarse en un área (sala) limpia no pueden hacerlo en otra parte, y dentro de ella no está permitido el emplazamiento de ciertas operaciones de características determinadas, por ejemplo limpieza de útiles y aplicación de desmoldeantes, recanteo, etc. En consecuencia y con el espacio disponible, no es posible reubicar elementos ni operaciones en base a esta distribución.

LAYOUT: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA*



*Nota: la zona de expediciones (y la habitual de verificación de calidad) se encuentra en el segundo piso de la planta, subiendo la escalera señalada por la flecha. En ella es donde se preparan las piezas para envío y se prepara toda la documentación necesaria.

En vista a este layout puede concluirse que, en el espacio disponible, no es posible una redistribución de actividades debido a los emplazamientos de las zonas, luego esta mejora no podría enfocarse en esa dirección.

Como puede observarse, la zona más conflictiva se presenta en la esclusa de la sala limpia, donde confluyen varias líneas de movimiento tanto de entrada como de salida. Adicionalmente, en el caso de que las piezas en cuestión requirieran algún proceso de sellado, existiría aún una mayor saturación de ese punto, identificado pues como "cuello de botella" de los procesos de transporte de útiles y piezas.

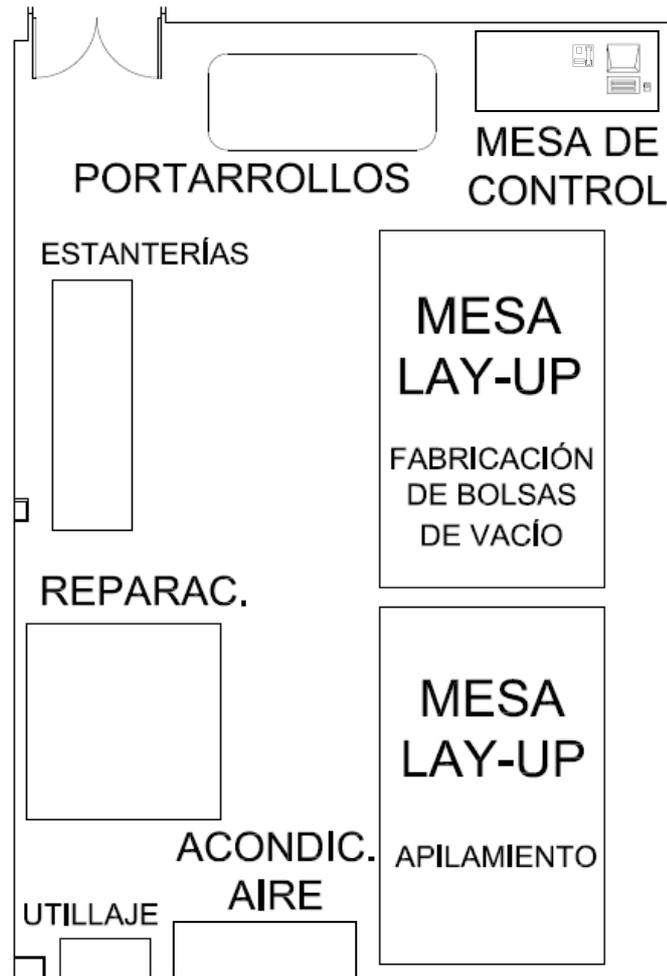
Analizando más en profundidad la distribución en la sala limpia, se observa que no existe una clara orientación hacia el producto. Se dispone en ella de dos mesas destinadas a labores de Lay-Up, a pesar de que en realidad estas mesas no se diseñaron con esos fines, sino que son mesas de corte de telas cubiertas por planchas de polietileno de baja densidad de unos 5 mm de espesor para facilitar el corte. Estas mesas disponen de ruedas para facilitar su desplazamiento en relación al dispensador de materiales de la sala limpia. La cuestión principal al respecto radica en que el mayor porcentaje de uso que se les da a las mismas es de Lay-Up, por lo que las condiciones de las mismas no son adecuadas, resultando en un deterioro muy notable tanto de la superficie de trabajo como de los apoyos. Habitualmente se trabaja en ellas de modo que en una se lleva a cabo el apilamiento y en la otra se fabrican las bolsas de vacío, cuando realmente los transportes de piezas y útiles en su interior podrían reducirse enormemente (y los esfuerzos del personal que ello conlleva por la falta de espacio) si el trabajo en sala limpia se considerara y tratara como una operación única, en la que entran telas de prepeg. y útiles, y salen bolsas de vacío para curado en autoclave. La orientación de las mesas de trabajo también da lugar a un desaprovechamiento de espacio considerable, ya que su situación tal y como aparece en el layout anula las posibilidades de

trabajo entre ambas (a lo ancho de las mismas), debido a la falta de espacio. La situación del portarrollos también aumenta el número de desplazamientos innecesarios como consecuencia de las necesidades de material auxiliar en la fabricación. La altura de las mesas de trabajo (propiciada por a existencia de ruedas como se ha comentado) también presenta un gran inconveniente al trabajo de apilamiento y fabricación de bolsas, así como al propio corte de telas; ya que teniéndose en cuenta la altura media de los operarios el trabajo a altura se ve forzado e impedido por la misma, sobre todo a la hora de apilar varias piezas simultáneamente.

El problema a solventar en el caso de que fuera posible una reestructuración de localizaciones (por ejemplo en una ampliación de la planta o en la construcción de una a mayor escala) sería el del flujo de materiales, debiendo eliminarse la problemática de la zona de la esclusa de la sala limpia, y reubicando la cámara frigorífica de modo que se facilitase el trabajo en dicha sala, que es en definitiva a donde van los materiales que se extraen de la misma.

La mejora que se planteará en este aspecto tendrá en cuenta todas estas cuestiones, y presentará una distribución óptima adecuada a las características del tipo de proceso para una posible ampliación o reconstrucción de la planta, pero debe quedar claro que en las condiciones de espacio de la actual esto no es físicamente posible, y tan sólo puede reestructurarse a nivel de sala limpia la distribución de los elementos de trabajo de modo que se eviten desplazamientos innecesarios y tiempos muertos por transportes de piezas y útiles. Lo que pretende dejarse claro es que la distribución orientada a la función, con las características de la planta actual, es la única posible, por lo que la mejora en este aspecto se planteará con ello presente.

A continuación se muestra ampliada la distribución en la sala limpia:



Imágenes 94 y 95

Estado totalmente deteriorado de las ruedas-soporte de las mesas de corte de telas usadas para apilamiento, aumentando innecesariamente la altura de las mismas

5.5.6. Planificación de la producción

Tomando como base los resultados y observaciones obtenidos del análisis en tiempo real del proceso de producción detallado en el capítulo anterior, puede concluirse que, a pesar de que existe una planificación de la producción, ésta no es gestionada de una forma óptima. Es habitual que en la planta se utilicen o demanden recursos en el mismo momento en que son necesarios, con las consecuencias desfavorables que esto provoca en la producción global. Se ha dado el caso de que haya debido pararse la producción de un programa repentinamente por una necesidad prioritaria que no se había tenido en cuenta en el momento de su planificación. Puede ocurrir que máquinas o herramientas necesarias para el desarrollo de diversas actividades no se encuentren disponibles por un inadecuado mantenimiento o, simplemente, por una mala planificación de la producción diaria. En otras ocasiones se ha dado el caso de que no pudiera comenzarse la producción por falta de los recursos necesarios para su fabricación. Este es el caso de unas probetas de certificación sandwich fabricadas en el periodo de análisis junto a la producción habitual, cuya planificación no fue la adecuada y tuvieron como consecuencia una falta de materia prima para su fabricación, y parte de la disponible no había sido correctamente recepcionada por aprovisionamiento, de modo que el lanzamiento de los órdenes de producción para su fabricación tuvo que demorarse hasta que se solventaron esos problemas.

La planificación de la producción es la descripción de las cantidades a producir (volumen) en cada uno de los periodos de tiempo (momento) de modo que no se vulneren las limitaciones de capacidad de las instalaciones (en este caso limitaciones de alta cuantía debido al poco espacio disponible y a la baja capacidad del autoclave) y se disponga de suficientes productos para satisfacer la demanda de los mismos, sin excederse y causar un exceso de inventario que traiga como consecuencia desperdicio de recursos

y enmascaramiento de otro tipo de problemas. Se trata de disponer de la cantidad de productos necesaria en el momento preciso de tal modo que cumpla los requisitos del cliente y sin sobrecargar el sistema para prevenir posibles fluctuaciones futuras de la producción por la apertura o entrada de nuevos programas de fabricación de mayor prioridad que los presentes.

Los elementos que intervienen fundamentalmente en los planes de producción son los siguientes:

- Un horizonte de planificación, que debe cumplir el periodo económico de la producción, normalmente de un año.
- La capacidad de producción instalada y disponible.
- La tasa de producción, en la que se recoge la cantidad a producir en cada periodo.
- Los stocks que se mantienen de un periodo a otro como consecuencia de que las cantidades fabricadas superan a las entregadas.

No cabe la menor duda de que es en este ámbito de planificación de la producción donde debe estudiarse uno de los aspectos más evidenciados por el estudio previo del análisis de la cadena de valor (Value Stream Mapping): los stocks. El objetivo último de la planificación de la producción es eliminarlos en la medida de lo posible, manteniendo sólo los estrictamente necesarios, con una tasa de renovación lo más alta posible.

En definitiva, la planificación de la producción estudia la forma de equilibrar la oferta y la demanda de los productos dentro de un plazo que aproximadamente suele ser de un año. Su objetivo consiste en fijar los niveles globales de producción para un futuro a largo o medio plazo de acuerdo con una demanda determinada, ya sea concreta o fluctuante (dependerá de las características de los productos como se verá

posteriormente), dentro de unos límites impuestos por los recursos disponibles y al menor coste posible. Además de determinar los niveles futuros de producción, especifica la combinación más adecuada de recursos que deberá usarse para conseguirlos.

En la planta de composites en estudio, la producción responde principalmente a 3 tipos de demandas:

- Demanda por programas: el cliente solicita un programa de producción para unas piezas de una determinada cadencia anual. Se definen los P/N que forman un avión completo, y se establece la cadencia de aviones al año o al mes. Esta producción se mantiene a lo largo de todo el año o, en general, durante el tiempo estipulado en el contrato del programa. El ejemplo más claro de este tipo es la producción de piezas para el A340 o el A400M que se han estudiado, o del novedoso A380 durante el año 2006.
- Demanda por pedido puntual: el cliente realiza un pedido de un modo puntual, por ejemplo de 30 suplementos en forma de cuña de fibra de carbono y fibra de vidrio a entregar en una fecha límite de 15 días. Este pedido debe intercalarse con la producción por programas (esto no implica que no se abran programas para este tipo de piezas, pero son programas genéricos para pedidos de tipo puntual, por ejemplo un programa para todos los suplementos que se fabriquen para un cliente determinado, pero sin una cadencia fija) sin que provoque un impacto muy notable en ella. Si bien la demanda anterior era ajustable una vez firmado el contrato, esta es variable y dependerá de las necesidades de montaje de las empresas clientes.
- Demanda de stock final (escaparate): este tipo de producción está totalmente ligada a la línea de negocio VIP a la que ya se hizo referencia en los inicios de capítulo anterior. La producción de

estos elementos, que incluyen gemelos, colgantes, pendientes, libretas, relojes, abrecartas, agendas, etc. (realizados en fibra de carbono, aramida, y otros materiales vanguardistas) se ajusta a un "escaparate" final, a un stock de productos disponible para obsequio a clientes, venta directa, etc. La diferencia fundamental con los anteriores es pues que su destino final, al menos en un primer instante, no es un cliente determinado (salvo en muy contadas ocasiones), sino un stock de escaparate.

Estas demandas confluyen en el tiempo, y ninguna deja de realizarse en principio porque se estén llevando a cabo las otras. Los problemas de esta confluencia aparecen frecuentemente:

- En la demanda por programas no se siguen unas actividades determinadas. La producción se va ejecutando según se van extrayendo kits de la cámara frigorífica, pero sin una ordenación clara de prioridades. Se va decidiendo en cada momento qué actividades van a realizarse y sobre qué piezas, y repetidamente se da el caso de operarios que deben preguntar al resto con qué actividad deben proseguir una vez determinada la que estaban llevando a cabo, lo que denota falta de planificación diaria en estas actividades.
- La demanda por pedido puntual supone problemas muy a tener en cuenta, no sólo porque deba acoplarse a la citada en primer lugar, sino porque prácticamente nunca se siguen las normas y procedimientos establecidos para la ejecución de pedidos por programas de gran cadencia. La tendencia general es de considerar esta demanda como fabricación de menor nivel, y ya que normalmente se tratan de piezas de menor responsabilidad estructural en los aviones (normalmente suplementos apilados con una orientación de 0° y de configuración simple).

- La demanda de stock final no supone en sí un gran impacto sobre las otras dos, pero si da lugar a una gran cantidad de piezas VIP tanto en stocks intermedios como en el stock final de escaparate. Estos stocks deberían controlarse de algún modo, ya que de lo contrario se da el caso de una excesiva abundancia de elementos en determinados momentos, y escasez en otros, no alcanzándose un punto de equilibrio que asegure el stock final sin suponer una gran sobreproducción en otro momento. Además, estos stocks suponen pérdidas por capital inmovilizado, a lo que deben añadirse el detrimento de factores relacionados con la estética del producto, de importancia vital en esta línea de negocio.

En consecuencia, ninguna de las demandas a las que debe atender el proceso de producción se atiende de un modo planificado, a lo que se suma la falta de control de toda la documentación asociada al proceso debido a una mala planificación del mismo. Una correcta planificación debe asegurar la trazabilidad en todo momento de las piezas, junto a un control en tiempo real sin fisuras de toda la documentación necesaria. El sistema de planificación tampoco contempla estadísticas que pueden ser muy útiles en la predicción de comportamientos de proceso, por ejemplo datos de tiempos de fabricación, o de valor añadido y no añadido (si el sistema lo hubiese permitido, el análisis de este proyecto se habría basado en él y no habría sido necesario el estudio completo a tiempo real). El sistema de planificación carece pues de flexibilidad, y se adapta a los cambios lentamente. El sistema de control de producción también se incluye en esta categoría, con resultados similares. El objetivo final es fabricar a un buen ritmo evitando la sobreproducción y la creación indiscriminada de stocks (durante el periodo de análisis, el último avión estudiado del A400M se fabricó para mantenerlo en stock una vez fabricado, sin existir pedido virtual del sistema de control de producción SAP del cliente), mediante un sistema de planificación y control de la producción que permita obtener estadísticas del trabajo diario.

5.5.7. Herramientas y equipos de trabajo

En general, las herramientas y equipos de trabajo no presentan problemas en sí mismas, pero si en su uso, manipulación y especialmente en su mantenimiento.

Las herramientas que se emplean en la planta, como ha podido comprobarse en el capítulo anterior, son en su mayoría manuales, como consecuencia inmediata de que el proceso de producción de materiales compuestos por la técnica de "Hand Lay-Up" sea tan manual.

El predominio de herramientas manuales sobre las automáticas o semiautomáticas tiene dos consecuencias:

- Productos menos estandarizados, ya que una máquina es capaz de trabajar siempre de la misma forma, realizándose sólo pocos ajustes; en cambio un operario cada vez que realice un trabajo, por muy repetitivo que sea, tendrá pequeñas variaciones con respecto al anterior. Esto ocurre sobre todo en las etapas de sala limpia, tales como corte de telas, apilamiento, compactaciones y fabricación de bolsas de vacío.
- Pérdidas de calidad (uno de los 7 desperdicios clásicos) debido a errores humanos, ya que siempre existe una mayor probabilidad que de falle un ser humano de que el error lo produzca una máquina.

Estos hechos dan lugar a que las verificaciones finales no sean tan rutinarias y simples como en procesos más automatizados, sino que se produce mucha variabilidad en los problemas que se presentan debido a la manualidad del proceso. El estado deficiente de muchas de las herramientas usadas (cutters, espátulas, tijeras, herramientas de desmoldeo y recanteo,

etc.) también da lugar a multitud de defectos que podrían evitarse mejorando el sistema de mantenimiento y reposición de herramientas defectuosas. Haciendo referencia a un ejemplo concreto, en la operación del corte manual de telas de material prepreg., el estado de las cuchillas usadas para el mismo es definitorio del desgarre que se produce en el corte, así como de la facilidad con la que el operario realiza el mismo. Además, el uso de reglas, escuadras, cartabones, etc. para la medición de las telas supone que, en operaciones donde se requiera el corte de muchas telas (como ocurre en el caso del A400M), se produzcan errores en el corte.

Debe hacerse mención especial a los carros de transporte del autoclave, de los que existen un total de 2 disponibles en la planta. Estos carros se utilizan no sólo para la carga del autoclave, sino para todo tipo de transportes que impliquen a útiles o bolsas de vacío, incluso han existido ocasiones en las que se ha apilado sobre ellos debido a la falta de espacio existente entre las mesas de corte de telas. A pesar de disponerse de dos carros, se usan principalmente en desplazamientos innecesarios, sobrecargándose por ejemplo la sala limpia de útiles, y no se gestionan de forma que permitan reducir el tiempo de carga del autoclave, uno de los claros cuellos de botella del proceso. El problema más extendido radica en que prácticamente nunca están disponibles para las labores de carga a los que están destinados, ya que se encuentran como sustento de útiles o similar, por lo que primeramente deben descargarse los materiales que sostienen (y, por tanto, deben colocarse en algún otro lugar de la planta, perdiéndose una gran cantidad de tiempo en transportes, cargas y descargas), para posteriormente destinarlos al uso que realmente deben tener. El uso correcto de estos carros permitiría reducir los tiempos de preparación del autoclave de una manera muy notable, lo cual desahogaría la planta de producción de obstáculos y útiles innecesarios. Como apoyo a estos desplazamiento se utilizada la máquina elevadora neumática a la que ya se hizo referencia en el análisis del proceso del capítulo anterior.

5.5.8. Mantenimiento de las instalaciones

Uno de los aspectos que han quedado más claros tras el periodo de análisis ha sido el hecho de que prácticamente la totalidad del mantenimiento que se realiza en la planta de composites es de tipo correctivo. Se procede a contactar con un técnico especializado cuando se produce algún tipo de defecto, fallo o avería en el funcionamiento de alguno de los equipos (bombas, compresores, autoclave, etc.).

No existe cultura de mantenimiento generalizada en la organización, no se ve como una función relevante, sino como una pérdida de recursos que no aumenta la producción y que por tanto no produce beneficios, sino todo lo contrario, pérdidas. Resulta destacable no obstante que cuando se produce algún tipo de error debido a un problema de algún equipo (uno de los que tuvo lugar durante el análisis fue un fallo de la bomba de vacío de la sala limpia, lo que dio lugar a una considerable parada hasta la llegada del técnico oportuno) los trabajadores si resaltan sin necesidad de preguntárseles la conveniencia de un plan de mantenimiento de las instalaciones en las que trabajan a diario, pues esos problemas repercuten directamente sobre ellos; pero sin embargo no consideran que sea función suya el mantenimiento de los equipos, máquinas y herramientas que manejan, sino que eso es algo de lo que debe encargarse alguien expresamente destinado a tal fin, sin la necesidad de su implicación.

Actualmente no existe un “Departamento de Mantenimiento” definido en la organización. Existe una persona (el responsable de proyectos de ingeniería) encargada de las cuestiones relacionadas con el mantenimiento correctivo, y cuando se produce el fallo de alguna máquina es el encargado de ponerse en contacto con el técnico pertinente para solucionarlo en el menor tiempo posible. Está claro que falta conciencia de mantenimiento en la organización, pues como se analiza en profundidad en el anexo II de

herramientas Lean (concretamente en la sección dedicada al TPM), la función de mantenimiento es esencial para el correcto desarrollo de las actividades de producción.

La falta de atención en las actividades de mantenimiento constituye uno de los eslabones perdidos en el logro de un nivel óptimo de eficiencia en la fabricación. Para conseguir este objetivo es ante todo imprescindible el esfuerzo combinado de operarios, dirección, equipos de mantenimiento y otras personas que actúen como soporte; en definitiva es necesaria la participación de todos.

El mantenimiento es un concepto muy alineado con la calidad, y ésta, ya no cabe duda, es el factor definitorio de las empresas en el mercado actual. Debe ser en el origen, es decir, en la máquina, donde se logre un nivel de cero averías, y no mediante unas actividades de mantenimiento que utilicen el sistema de ir apagando incendios (mantenimiento correctivo). Para que una empresa sobreviva dentro de una competencia cada vez más intensa, las actividades de mantenimiento deben incorporarse definitivamente a la consecución de la excelencia en la fabricación, y debe crearse un departamento exclusivamente para velar por lo que su labor se desarrolle del modo más apropiado para la organización.

Así pues, el mantenimiento debe ser considerado como un factor económico y global de la empresa. Debe ser planificado, eliminando todo lo posible la improvisación y las disfunciones mediante un programa anual de mantenimiento basado en los históricos y en los costes reales de mantenimiento de cada máquina o instalación productiva. Es necesario un cambio de actitud, en el que el operario de fabricación mantenga y atienda autónomamente el equipo productivo a él asignado. De este modo se alcanzará en la organización una política de mantenimiento total en la que "el mantenimiento es tarea de todos".

5.5.9. Relaciones con los clientes y proveedores

Establecer una adecuada relación con cliente y proveedores pretende eliminar las fronteras que existen en una organización; es decir, convertirla en un sistema poseedor de una flexibilidad enorme carente de límites. Por todo ello es por lo que debe analizarse qué tipo de relación mantiene la organización objeto de estudio con sus clientes y proveedores.

Los proveedores de una empresa forman parte de una cadena inevitable por la que fluye el negocio, en que tan importante resulta el acierto con el pedido, el éxito en el cierre de la compra y las personas que la integran. Desgraciadamente numerosas veces la inversión y los esfuerzos de una empresa se centran en exceso en sólo uno de los eslabones de esa cadena, olvidando o menospreciando algún otro, lo que no se debe olvidar, puede hacer perder efectividad, y por lo tanto dinero.

El trato con los clientes resulta igualmente de una importancia crucial, no debe olvidarse en ningún momento que es gracias a ellos que la empresa realiza ingresos por ventas, y que el modo en que se sientan tratados y respetados influirá decisivamente en futuros acuerdos. La tendencia general es de tratar de un modo "selecto" a dos o tres clientes, los que mayores ingresos reportan por sus programas asociados, descuidando ese trato con el resto. No debe olvidarse que las empresas no se encuentran solas en el mercado, sino que deben apoyarse en otras, cuidando tantos de sus proveedores como de sus clientes, y gestionando el trato que reciben de un modo que permita diferenciar a la empresa. En última instancia, las relaciones empresa – empresa son realmente personas – personas, y una organización capaz de mantener buenas relaciones con otras de su entorno directo dispondrá de características diferenciadoras que la harán especial.

Durante mucho tiempo, la política básica mantenida por las empresas con respecto a sus proveedores ha sido, salvo contadas excepciones, de "enfrentamiento calculado". El comprador pensaba que cuando mayor fuese el número de proveedores capaces de ofertarle un determinado artículo o servicio, mayores eran sus posibilidades de obtener un buen precio en su compra. Esta política se veía reforzada por la creencia general mantenida por los compradores de que cuando menos información tengan los proveedores, mayor será la capacidad de la que se disponga para obtener ventajas de ellos. Una política general similar se mantiene respecto a los clientes, no se gestiona el trato con los mismos salvo en los que mayores ingresos presentan, por lo que no se usan las relaciones empresa – empresa como un factor de competitividad. Esto queda evidenciado en el seguimiento que se realiza a las distintas piezas que se fabrican: una vez cerrado un contrato, se comienza el proceso de producción para fabricar el elemento deseado por el cliente, y se llega hasta la etapa final sin apenas contacto con el mismo salvo cuando existe alguna duda. La política actual de la empresa es de baja retroalimentación sobre los procesos con sus clientes, y de poca gestión de las capacidades de sus proveedores.

Actualmente, el nº de proveedores de los que dispone la empresa es muy variado. Cuando se realiza un pedido a un nuevo proveedor, se añade a una base de datos específica de proveedores, en las que se incluyen sus datos, dirección, teléfono, fax, sector, etc. Estos proveedores no son evaluados periódicamente a través de ningún sistema. A pesar de que la base de datos incorpora campos para evaluación por puntuación, no se tienen en cuenta, por lo que la gestión de proveedores consiste simplemente en rellenar datos. Tampoco se especifica su homologación; simplemente se usa el criterio de la calidad del producto acompañada de unos precios competitivos y un servicio contrastado durante años. El seguimiento de los pedidos que se les realizan, así como de los que son realizados por los clientes, carece de un flujo comunicativo que favorezca buenas relaciones.

5.5.10. Gestión de la calidad

El concepto de calidad se ha convertido en una constante en todos los sectores de la sociedad actual, muy especialmente en los industriales. El desarrollo económico emergente contribuye a que las empresas busquen en la calidad el elemento diferenciador que les proporcione ventajas sostenibles frente a sus competidores.

Actualmente, en el mercado actual existe una enorme diversidad de productos con diferentes características, niveles de calidad y precio. Por consiguiente, los clientes disponen de mayores opciones a la hora de elegir aquellos productos que satisfagan adecuadamente sus necesidades. La oferta se ha diversificado enormemente, y esto ha endurecido el mercado, por lo que la calidad se contempla como la única forma de conseguir dotar a un producto de la competitividad necesaria para hacerlo rentable.

En los inicios, lo importante eran los "procesos" (y más específicamente en ellos, las "funciones"). Posteriormente, llegó el concepto de la importancia del "producto". Con filosofías como el Lean Management, se ha impuesto el "valor", que en definitiva, al ser aquello por lo que los clientes están dispuestos a pagar, se centra en ellos mismos, los "clientes". Para una empresa, el cliente (y sus deseos) es lo más importante. La mejor estrategia a seguir por las empresas consiste en tener en cuenta la opinión de sus clientes, proporcionarles aquellos productos y servicios que demanden, con la calidad que ellos exigen, y al precio que están dispuestos a pagar. Esto obliga a las empresas a ofrecer productos sin defectos, fáciles de usar, que no supongan peligro alguno para la integridad de las personas y que, al mismo tiempo, respeten el medio ambiente, con certificados de garantía por un tiempo razonable y un adecuado servicio técnico a disposición de los clientes.

Queda claro que aquella organización que no apueste por la calidad en sus procesos va a quedar antes o después fuera del mercado, lo que implica un cambio de mentalidad de todas las personas que trabajan en la empresa, y supone la implicación de todos, como se ha comentado repetidamente a lo largo del presente proyecto.

En la planta de producción se siguen procedimientos de calidad, existe un responsable del Sistema de Gestión Integrado de Calidad, que abarca (o debería abarcar) a todos los departamentos de la organización. Al contrario que otros aspectos, la calidad es tenida muy en cuenta a la hora de gestionar los diferentes recursos de la empresa. En la división de materiales compuestos, existe un responsable de la calidad en la fabricación, encargado de que se mantenga y se tenga en todo momento presente durante todas las operaciones que tienen lugar en la planta de producción. No obstante, se producen situaciones relacionadas con este concepto que deberían mejorarse:

- La gestión de la documentación que asegura la calidad a lo largo del proceso de producción no es la adecuada.
- El SGC (Sistema de Gestión de la Calidad), a pesar de existir, no llega a todos los ámbitos de la organización como debería. Por ejemplo, los operarios apenas conocen dicho sistema y la importancia que presenta; siguen pensando que lo realmente importante es simplemente producir.
- Las reuniones y "círculos de calidad" se llevan a cabo, pero sin una clara planificación.
- Existe una gran cantidad de información sobre el SGC, en forma de procedimientos, instrucciones, etc., pero raramente se utilizan en el desarrollo del trabajo diario.
- No existe planificaciones de reuniones de calidad con los operarios del proceso productivo que les permitan expresar su

opinión sobre la calidad en la fabricación, y que además facilite su compromiso con la misma.

- El control de la normativa tanto interna como externa no está claramente definido, ni existe un orden lógico de los archivos que contienen dichas normas.
- El método de trazado de documentación de calidad con las piezas que se fabrican resulta tedioso y poco operativo, por lo que debería estudiarse un nuevo sistema de planificación que permitiera acoplar mejor las funciones de calidad y producción.
- Los operarios de la división carecen de formación en temas de calidad en la fabricación, por lo que no tienen toda la información necesaria (ni saben dónde encontrarla) para llevar a cabo los trabajos de un modo acorde a los procedimientos establecidos. Como norma general, tienden a considerar los temas de calidad como un estorbo a la producción.
- No existe una clara concienciación de que temas como orden y limpieza en el lugar de trabajo, mejoras en órdenes de producción y documentación en general, etc. están directamente relacionados con la gestión de la calidad en la organización.
- Por todo lo comentado anteriormente, las verificaciones de calidad que se realizan a lo largo del proceso carecen de la relevancia que presenta la verificación final, que es donde normalmente se detectan defectos en determinados productos. Si el SGC funcionara correctamente, estos defectos deberían detectarse con mayor antelación.

La conclusión a la que se llega es que la calidad se gestiona, y se le presta bastante atención; existen normas, procedimientos, instrucciones, etc. destinadas a mantenerla a lo largo del proceso, pero existe falta de concienciación de su importancia, sobre todo de cara a los operarios, por lo que sería recomendable mantener más sesiones de calidad con ellos.

5.5.11. Medio ambiente y prevención de riesgos laborales

Las actividades de gestión medioambiental y de prevención de riesgos laborales han sufrido un desarrollo enorme en los últimos años. La legislación cada vez los ha tenido más en cuenta, y de un modo mucho más estricto que en años anteriores. Las organizaciones deben adaptarse a estas políticas de gestión, ha surgido la necesidad de mejorar la profesión para ser más competitivos, de transformarse para satisfacer nuevas preferencias, y para garantizar el cumplimiento de la nueva normativa.

Debido al rápido avance del mercado, especialmente en el sector industrias, las leyes cada vez protegen más a los trabajadores y al medio ambiente, y las empresas deben adaptarse a estas exigencias si quieren subsistir. La certificación en aspectos relacionados (normativa) es pues uno de los objetivos primordiales de toda empresa que se precie.

Actualmente, el sistema de gestión ambiental de la organización está certificado bajo la norma ISO 14001, y se está llevando a cabo la certificación en las normas de prevención OHSAS 18001, lo que es indicativo de con son cuestiones que realmente preocupan a la empresa, forman parte de su política empresarial, y se están tomando las medidas oportunas al respecto, no descuidándose ninguno de sus aspectos. Algunas de las características a destacar son:

- Se adoptan medidas para eliminar y, cuando ello no sea posible, prevenir los riesgos laborales y la contaminación; implantando las medidas de mejora correspondientes y teniendo en cuenta todos aquellos aspectos necesarios para garantizar la salud y seguridad de las personas en el trabajo y la protección del medio ambiente.
- Evaluar por anticipado las repercusiones potenciales sobre la seguridad y salud de las personas y el medio ambiente de todas

las nuevas actividades, productos y procesos, y adoptar las medidas preventivas requeridas.

- Garantizar el cumplimiento de toda la legislación y la normativa de prevención de riesgos laborales y medio ambiente aplicable a las actividades desarrolladas, así como otros requisitos que la empresa suscriba voluntariamente.

Como puede observarse, el nivel de compromiso en estos temas es bastante alto. No obstante, existen determinados aspectos donde se observan ciertas debilidades, normalmente a pie de producción. Se comentan las observaciones más destacables a continuación:

MEDIO AMBIENTE

Existe una clara concienciación de la importancia de la gestión de residuos y las políticas medioambientales, aunque se carece de los medios y la información necesaria en la zona de producción de cómo ha de llevarse a cabo dicha gestión. Los operarios conocen los riesgos de los productos que manipulan y de las actividades que realizan, pero no disponen de documentación al respecto, tales como fichas de seguridad, datos de los compuestos, contenedores definidos para residuos, etc. En definitiva, la conciencia de gestión medioambiental existe y abarca todas las personas, existe normativa al respecto y procedimientos escritos y aprobados, pero no están bien definidas las actividades a seguir por parte de los trabajadores en materia de gestión de los residuos que se producen en su trabajo diario. El caso más habitual y el que debería mejorarse se da cuando un trabajador no sabe en qué contenedor debe colocar un determinada residuo.

PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Como consecuencia de la certificación OHSAS 18001, la situación al respecto en la planta de producción ha ido mejorando a medida que transcurría el periodo de análisis. Como puntos débiles deben señalarse la

falta de formación al respecto de los operarios de la división (tema ya comentado en la categoría correspondiente a "formación"), que deben ser los primeros en conocer cuáles son las características de los productos con que trabajan, y disponer de las fichas de seguridad de los mismos de modo que puedan consultarlas en cualquier momento; la falta de señalización de las rutas de evacuación mediante planos distribuidos a lo largo de la planta; y la incorrecta distribución de los distintos extintores de incendios a los que obliga la reglamentación; se dispone de los mismos pero su distribución no queda clara ni aparece en ningún plano. Existe también una clara carencia de conocimientos al respecto de los tipos de fuegos que pueden producirse y del extintor adecuado a cada caso.

En conclusión, tanto la gestión medioambiental como la prevención de riesgos laborales son temas que se tienen muy presentes en el trabajo diario en la planta de composites. Existen procedimientos y normas al respecto, y el diagnóstico general que puede obtenerse de los mismos es bastante bueno. No obstante, siempre se detectan algunos aspectos a mejorar, en este caso todos relacionados con el trabajo de los operarios, y generalmente como consecuencia del mal flujo de comunicación entre los responsables de medio ambiente y prevención con los trabajadores. Existe también falta de formación de los mismos al respecto, y de cómo deben proceder mientras desarrollan su trabajo diario para colaborar en su correcta gestión. La única cuestión destacable es pues como se ha comentado la falta de información en la zona de producción sobre productos, rutas de evacuación, contenedores de gestión de residuos, etc., por lo que las mejoras en este aspecto estarán dedicadas a subsanar estas cuestiones, ya que el Sistema de Gestión Integrado en estos aspectos cumple su función de un modo bastante satisfactorio.

CAPÍTULO 6: PROPUESTAS DE MEJORA

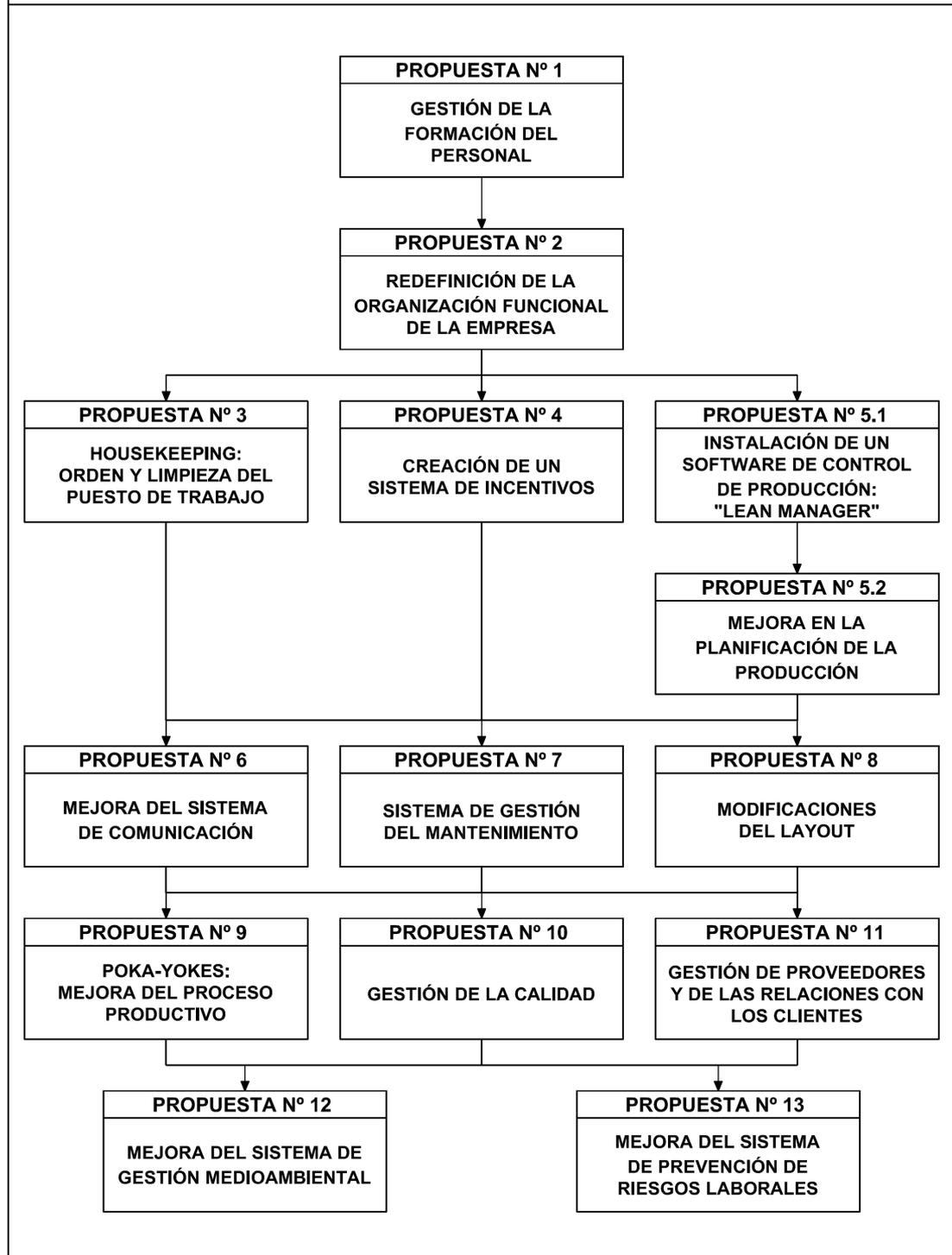
6.1. INTRODUCCIÓN

Una vez realizado el diagnóstico en el capítulo anterior de la situación actual del proceso productivo en la planta de composites se procede en este a detallar las distintas propuestas de mejora para el mismo. Debe tenerse en cuenta que en el entorno en que se mueven las organizaciones actualmente este tipo de implantaciones de mejoras es algo inevitable, y una necesidad imperiosa para permanecer en el mercado; y a pesar de que si bien genera beneficios y ventajas competitivas frente a la competencia, también somete a la organización donde se llevan a cabo a fuertes conflictos y grandes encrucijadas como consecuencia del cambio de mentalidad que se requiere por parte de los distintos responsables de las mismas. Hoy por hoy no basta con la elaboración y presentación de un proyecto de gestión como el que es objeto de este documento para que una empresa adquiera compromiso con lo que en él se detalla, sino que deben analizarse, estudiarse, comprenderse y desarrollarse continuamente las propuesta que se presentan, de modo que sean capaces de abarcar a todas las personas de la organización. Queda claro pues que el primer paso de un proceso de mejora es dejar perfectamente clara la necesidad de la misma, no como algo puntual, sino como una mejora continua que abarca todos los rincones de la organización y cuya filosofía no debe perderse nunca en el proceso de implantación.

6.2. SECUENCIACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA

A continuación se presentan un total de 13 propuestas de mejora (realmente el número es mayor, sólo que se han agrupado en categorías similares a las analizadas en la etapa de diagnóstico) para el proceso en estudio. En la página siguiente se muestran esquemáticamente dispuestas según la secuencia de implantación recomendada para las mismas.

SECUENCIACIÓN DE PROPUESTAS DE MEJORA



Se han dispuesto las distintas propuestas en la secuencia presentada como consecuencia de la necesidad de implantación de unas previamente a la de las siguientes, de modo que vaya cubriéndose el proceso de un modo fluido y en el que diferentes aspectos de las propuestas se complementen entre sí. Las propuestas que aparecen en el diagrama dispuestas en paralelo no presentan problemas a priori para su implantación simultánea. Un ejemplo claro se encuentra en la propuesta nº 1, correspondiente a la formación del personal, ya que como se ha visto es un paso fundamental para que todo el personal entienda, comprenda y comparta la necesidad de mejora que existe en la organización. Prácticamente todas las propuestas subsiguientes deben contar previamente con formación del personal en relación a su contenido y objetivos, lo que además permite motivar a las personas de la organización y compartir el fin común de la mejora. Por citar un ejemplo más concreto, no tendría sentido hablar de un cambio en la organización funcional de la empresa sin que previamente se hayan impartido los conocimientos relativos a qué se pretende conseguir con esto y que cambios va a suponer en el trabajo diario en la planta.

Debe considerarse que tanto la agrupación de las propuestas como los contenidos de las mismas no son exclusivos, es decir, que existen aspectos de una propuesta determinada que pueden encajar igualmente en otra. Igualmente se presentan las propuestas con una determinada ordenación, pero tras un estudio del proyecto por parte de los responsables de la organización puede definirse una ruta alternativa de implantación de todas o sólo algunas de las mejoras propuestas.

Todas las propuestas se presentan con una "ficha de mejora", que debe quedar a disposición de todo el personal de la planta de modo que sean fácilmente identificables los cambios que se pretenden, los desperdicios que se atacan, las herramientas de mejora, los beneficios que se persiguen, así como los responsables implicados en su consecución.

6.3. PROPUESTA DE MEJORA Nº 1

GESTIÓN DE LA FORMACIÓN DEL PERSONAL	
Situación actual	Escasa o inadecuada formación del personal de la organización en temas relacionados íntimamente con la fabricación y con la empresa en general.
Desperdicios existentes	Todos los desperdicios de la filosofía Lean, especialmente el de Recursos Humanos.
Áreas a las que afecta	Todas las áreas de la organización, no sólo las directamente influenciadas por la función de producción.
Situación deseable	Nivel de formación del personal en consonancia con todas las actividades que se desarrollan en la empresa, conocimiento de la normativa aplicable en la fabricación y de sus aspectos más relevantes, de herramientas informáticas que faciliten el trabajo diario, de herramientas de gestión de aplicabilidad en la empresa (Lean), etc. Capacitación para el aprendizaje y actualización de conocimientos en todas las áreas, así como motivación y mejora de la implicación del personal con los fines de la empresa como consecuencia de ello.
Herramientas de mejora	El Factor Humano / Kaizen / JIT (flexibilidad).
Beneficios deseados	Eliminación de desperdicios de todo tipo como consecuencia de una mejor formación y capacitación para el desarrollo óptimo de actividades por parte del personal implicado en la fabricación. Mejora de la imagen de la empresa de cara a sus trabajadores y mayor conciencia por parte de los mismos de que se contribuye a su desarrollo profesional desde su organización.

Responsable/s	Responsable de Recursos Humanos / Responsables de las áreas específicas de formación en cada caso.
Propietario	Gerente de la división de materiales compuestos.
Plazo de implantación	Implantación inmediata, necesaria para el desarrollo de propuestas posteriores, ya que se requiere formación específica para cada caso.

6.3.1. Introducción

Como se ha concluido en el capítulo anterior, las necesidades formativas en cualquier tipo de organización son fundamentales e ineludibles para todo el personal implicado, no sólo por la formación en sí, sino por las capacidades que se adquieren y la motivación que produce en los trabajadores un sistema formativo favorable. La mejora en la formación debe comenzarse de un modo inmediato, pues es la base para el resto de propuestas. No puede hablarse de Housekeeping, Poka-Yoke, Kanban, etc. sin que se hayan llevado a cabo las necesarias sesiones formativas para que el personal comprenda los conceptos, sienta su utilidad y sea capaz de hacerse partícipe de la posterior implantación de los mismos.

Del diagnóstico de la situación actual ha quedado claro que la formación es un tema que se tiene presente, y que existen aspectos más débiles en la organización, pero al ser la base de los demás, debe considerarse en primer lugar; si bien la formación es tenida en cuenta, su gestión orientada al resto de actividades que se desarrollan en la producción de materiales compuestos no es la adecuada.

Es pues responsabilidad no sólo del Departamento de Recursos Humanos, sino de todos los demás, la implicación en la mejora de la formación del personal de la empresa para sentar la base para el resto de mejoras.

6.3.2. El plan de formación

Si la organización pretende acogerse a un plan de mejora en este aspecto, debe desarrollarse lo que se conoce como "plan de formación". Este documento es distinto para cada tipo de empresa, e incluso entre empresas del mismo sector, pues debe ajustarse exactamente a las necesidades presentadas por el personal en cuestión, de modo que no existe uno genérico válido para sacar adelante la mejora en un menor tiempo; es preferible un estudio detallado para no incurrir en errores de planificación que repercutirán directamente en mejoras posteriores. La base de la mejora continua Lean debe asentarse pues con suficiente firmeza. El plan de formación debe quedar a disposición de todos los empleados, es más, todos deberían recibirlo y aprobarlo, realizando los comentarios oportunos al responsable de recursos humanos caso de alguna aclaración o sugerencia. Si el plan de formación se desarrolla ajenamente a los trabajadores únicamente por parte de unos cuantos, el carácter motivador e identificador de la motivación se perderá. Los empleados deben conocer los proyectos que se desarrollan en sus empresas, lo que incluye al plan de formación. Si una empresa no cuida que dicho plan se extienda a todo el personal estará menospreciando su principal activo, las personas, y cuando se inicien las sesiones de formación descritas en el plan que se ha confeccionado comprobarán como el grado de interés y participación es bastante bajo.

El plan de formación debe recoger de un modo ordenado todas las acciones formativas previstas que tendrán lugar en un determinado periodo de tiempo, categorizadas por áreas, con el objetivo de mejorar el nivel de competencia de los recursos humanos. Normalmente el plan de formación se desarrolla para un periodo de un año, renovándose para el siguiente.

Para la confección y desarrollo del citado plan deben seguirse una serie de etapas:

- En primer lugar se realiza un estudio de las necesidades formativas en cada una de las áreas. El responsable de cada una de ellas (producción, calidad, I+D+i, proyectos, aprovisionamiento, taller, etc.) será el encargado de elaborar un informe en el que se recojan estos datos, valiéndose para ello de encuestas, observaciones, etc. Los responsables son trabajarán de modo individual, sino que contrastarán entre sí sus observaciones, complementándose áreas interconexionadas (realmente prácticamente todas las implicadas) y desarrollándose objetivos de formación comunes y particulares en cada caso.
- Búsqueda y pre-selección de cursos de formación por parte de los responsables de las áreas, teniéndose en cuenta aspectos como duración, contenido teórico y práctico, precio individual o de grupo, calidad de la certificación, prestigio de la empresa que lo ofrece, etc. Una vez elaborada la lista, cada responsable la enviará al Departamento de Recursos Humanos para el posterior análisis.
- Evaluación conjunta de las propuestas de formación por parte del Departamento de Recursos Humanos y los distintos responsables, de modo que se llegue finalmente a un plan de formación claramente definido, habitualmente en forma de tabla, que deberá enviarse a todo el personal de la organización. Se establecerá un plazo de sugerencias en el que cualquier persona podrá contactar con sus responsables para realizar cualquier cuestión que le sugiera el documento. Una vez cumplido dicho periodo se analizarán las observaciones y se procederá a la confección del plan de formación definitivo, que volverá a enviarse a todo el personal desde el primer momento en que sea aprobado por el gerente de la división de materiales compuestos.

6.3.3. Necesidades formativas detectadas

A continuación se muestra una tabla que recoge las necesidades formativas existentes en la división de materiales compuestos. Este estudio debe ser ampliado una vez aprobada la mejora con el apoyo por parte de los responsables de sección y del Departamento de Recursos Humanos tal y como se ha indicado para dar lugar al plan de formación definitivo.

Área	Título	Destinatarios	Tipo de formación	Horas teóricas	Horas prácticas
Producción	Procesos de fabricación para fibra de carbono	Técnicos y operarios	Externa	15	25
	El proceso de producción de materiales compuestos a pie de planta	Operarios	Interna	5	20
	Reparación de materiales compuestos	Técnicos y operarios	Externa	10	110
	Diseño de utillaje con Catia V5	Técnicos	Externa	5	35
	Interpretación de planos	Técnicos y operarios	Externa	10	15
	Diseño de piezas y de telas de materiales compuestos con AutoCAD	Técnicos y operarios	Interna	0	10
	Manejo de la máquina de corte de telas y su software asociado	Técnicos y operarios	Interna y externa	0	5
Control de producción mediante sistemas SAP R/3	Técnicos	Interna	0	3	
Calidad	Normativa aeronáutica de fabricación de composites	Operarios	Interna	2	0
	Sistema de gestión integrado y procedimientos	Operarios	Interna	2	0
	Verificación aeronáutica	Técnicos y operarios	Externa	20	20
	Inspección por ultrasonidos de composites	Técnicos y operarios	Externa	5	35
Lean Management	La gestión Lean como filosofía de mejora continua	Técnicos y operarios	Interna	5	5
	Aseguramiento de la calidad en el proceso de producción de composites	Operarios	Interna	3	3
	El "Lean Manager" como software de producción	Técnicos y operarios	Interna y externa	5	15
	Liderazgo y equipos de trabajo	Técnicos y operarios	Interna	3	3
	Housekeeping: orden y limpieza en el lugar de trabajo	Técnicos y operarios	Interna	3	3
	El JIT y la reducción de los stocks	Operarios	Interna	5	5
	Kanban: sistema de tarjetas de producción	Operarios	Interna	3	3
TPM: Mantenimiento Productivo Total	Operarios	Interna	3	3	

Medio ambiente	Productos químicos usados en la fabricación	Operarios	Interna	2	0
	Gestión de residuos en la planta de producción	Técnicos y operarios	Interna	2	0
Prevención de riesgos	Evaluación y prevención de riesgos	Técnicos	Externa	5	8
	Seguridad y salud laboral	Operarios	Externa	5	8
Informática	AutoCAD básico	Técnicos y operarios	Interna	0	6
	MS-Excel avanzado	Operarios	Interna	0	4
	Bases de datos	Técnicos y operarios	Interna	0	4
Varias	Inglés técnico	Técnicos	Externa	30	10

Se analizan a continuación los objetivos que se persiguen con cada una de las acciones formativas recopiladas en la tabla anterior por áreas:

PRODUCCIÓN

- *Procesos de fabricación para fibra de carbono:* se pretende formar a los técnicos y a los operarios que van a trabajar en la fabricación de piezas de fibra de carbono es los distintos procesos de producción que existen, las cualidades y características de cada uno, sus ventajas e inconvenientes, así como la formación práctica específica necesaria para las labores de producción, tanto a nivel de diseño como de fabricación propiamente dicha.
- *El proceso de producción de materiales compuestos a pie de planta:* se trata de una formación interna específica especialmente importante para nuevo personal en la producción de composites por tecnología de "Hand Lay-Up", que es la que se utiliza en la planta, centrándose en todas las particularidades del proceso de modo concreto en las distintas zonas de fabricación (sala limpia, área de autoclave, recanteo, etc.).
- *Reparación de materiales compuestos:* formación específica para las actividades de reparación de composites, tanto en sala limpia como en zona de recanteo. Aprendizaje y manejo de una consola de reparación y aplicabilidad de la misma a los distintos casos de reparaciones que pueden producirse.

- *Diseño de utillaje con Catia V5*: enseñanza específica para técnicos de producción, de modo que se les permita adquirir capacidades de diseño de útiles para el moldeo y Lay-Up de piezas de materiales compuestos a través del software de diseño de la empresa francesa Dassault Systèmes "Catia V5".
- *Interpretación de planos*: la importancia de los planos en la producción es elevadísima, tanto para ingenieros como operarios, ya que es una documentación que debe estar siempre disponible durante la fabricación para cualquier tipo de consulta, además de poseer carácter contractual entre partes. Se pretende adquirir destreza en la interpretación de tan importante documentación por parte de todo el personal que tenga que manejarlos.
- *Diseño de piezas y de telas de materiales compuestos con AutoCAD*: en consonancia con necesidades posteriores en la propuesta de mejora nº 9, se persigue mejorar la formación del personal en el software de diseño de Autodesk "AutoCAD", específicamente para el diseño de piezas y de telas para posterior exportación y corte automático de las mismas.
- *Manejo de la máquina de corte de telas y su software asociado*: caso de aprobarse dicha propuesta (véase propuesta nº 9), será necesaria formación del personal de producción en el manejo por interfaz directa del dispositivo de corte, así como del software asociado. La formación del diseño de las telas se obtiene del punto anterior, por lo que la formación en software es mínima como se analizará posteriormente cuando se estudie con detenimiento dicha propuesta.
- *Control de producción mediante sistemas SAP R/3*: formación para técnicos en los sistemas de control de producción SAP R/3, frecuentemente usados por los grandes clientes del sector para planificaciones y control de la producción en subcontratistas.

CALIDAD

- *Normativa aeronáutica de fabricación de composites:* se pretende cubrir las carencias formativas de los operarios en materia de normas de fabricación, aplicación de sellantes, mecanizado, etc., lográndose de este modo una mejora en la gestión de la calidad.
- *Sistema de gestión integrado y procedimientos:* formación en la normativa interna de la organización para los operarios, y en cómo valerse de los procedimientos establecidos por ingeniería de calidad para hacer mejor su trabajo.
- *Verificación aeronáutica:* formación específica en operaciones de verificación basadas en normas específicas de clientes para aquellas personas destinadas a dicho fin (verificadores).
- *Inspección por ultrasonidos de composites:* la verificación por ultrasonidos es una de las más solicitadas por los clientes (véase por ejemplo el A400M), y se encuentra subcontratada; por lo que se pretende desarrollar las capacidades del personal en busca de una situación en la que pueda incorporarse a la planta de producción como una operación interna, con las ventajas competitivas que ello conlleva.

LEAN MANAGEMENT

- *La gestión Lean como filosofía de mejora continua:* una vez aprobado el proyecto Lean debe extenderse a todo el personal de la organización con la formación necesaria que permita dar a conocer las medidas que van a tomarse, el plazo de las mismas, los responsables, etc., así como las características de la producción Lean bajo la cual se deberá situar la fabricación a partir de la implantación (eliminación de desperdicios, implicación de todo el personal, etc.).
- *Aseguramiento de la calidad en el proceso de producción de composites:* formación para operarios destinada a mostrar la

importancia del flujo correcto de la documentación de calidad que garantiza la trazabilidad de las piezas fabricadas, así como adecuación de dicha documentación a la normativa aeronáutica correspondiente. Aseguramiento del cumplimiento de las normas en la fabricación para todo tipo de clientes, no sólo para los clientes de mayor relevancia comercial.

- *El "Lean Manager" como software de producción:* formación específica relativa a la propuesta de mejora nº 5 de planificación de producción, en la que se propone el diseño e implantación de un software específico para la planta de planificación y control de la producción para eliminar numerosos desperdicios detectados durante el análisis, así como para permitir una visualización más Lean del flujo de piezas y documentos. Todo el personal debe recibir formación tanto externa (programador) como interna (responsable de Lean Management / Producción) del manejo de dicha herramienta sobre la que se asientan numerosos aspectos de otras propuestas (véase propuesta nº 5).
- *Liderazgo y equipos de trabajo:* se persigue definir los equipos de trabajos de la nueva distribución funcional que se adoptará cuando comience la implantación (propuesta nº 2), así como definir los objetivos y las necesidades que han dado lugar a dicha redefinición del organigrama.
- *Housekeeping – JIT – Kanban – TPM:* formación específica sobre dichas herramientas del Lean Management, de modo que se sienta la base de conocimientos necesarios para la posterior implantación de las mejoras basadas en ellas.

MEDIO AMBIENTE

- *Productos químicos usados en la fabricación:* se pretende dotar al personal de toda la información referente a productos químicos a través de sus fichas de seguridad, características contaminantes y

precauciones en su uso y gestión, por lo que realmente esta propuesta formativa también va encaminada al área de prevención de riesgos laborales. Así mismo los operarios deben adquirir los conocimientos necesarios para discernir los productos y materiales que utilizan y sus procedimientos de desecho asociados dependiendo de su peligrosidad para el medio.

- *Gestión de residuos en la planta de producción:* definición clara para todo el personal de los diferentes residuos que generan las actividades que tienen lugar en la planta, así como de los procedimientos establecidos para facilitar su gestión (véase propuesta de mejora nº 12).

PREVENCIÓN DE RIESGOS

- *Evaluación y prevención de riesgos:* formación para técnicos en materia de herramientas de evaluación y análisis de riesgos aplicadas a casos específicos del área de producción, tales como método FINE, RMPP, HAZOP, etc.
- *Seguridad y salud laboral:* ampliación del seminario “Riesgos Derivados de las Actividades de la DMC” para los trabajadores de modo que conozcan perfectamente los riesgos y peligros a los que están expuestos y cómo actuar para evitar accidentes, siempre de un modo aplicado al trabajo que realizan. Establecimiento claro de rutas de evacuación y situación de extintores de incendios, así como características de cada tipo para adecuar el uso a las necesidades (véase propuesta de mejora nº 13).

INFORMÁTICA

- *AutoCAD básico:* curso de formación básica sobre el software de diseño asistido por ordenador para facilitar el trabajo de producción por parte de técnicos y operarios, permitiéndole a los primeros mayor versatilidad en el desarrollo de documentos e

instrucciones técnicas para la fabricación (esquemas de corte, plantillas de recorte, etc.), y a los segundos facilidades a la hora de construirse sus propios esquemas de fabricación.

- *MS-Excel avanzado*: formación en la hoja de cálculo de Microsoft para gestión de inventarios, planificaciones diarias o semanales, etc., tanto por parte de técnicos como de operarios; así como diseño de simuladores de producción y para valoración de ofertas que faciliten las tareas a desarrollar.
- *Bases de datos*: formación en bases de datos de gestión, método que se sigue actualmente para el lanzamiento de órdenes de producción, control de consumos de materiales, etc.

VARIAS

- *Inglés técnico*: se persigue una mayor especialización de los técnicos en la lengua anglosajona para mejorar la comunicación con clientes extranjeros, tanto a nivel oral como escrito.

Debe hacerse referencia a que en la tabla de formación las áreas de Calidad y Lean Management se han separado con una línea discontinua por la estrecha interconexión entre ambas. Recuérdese que el Lean Management no es más en definitiva que un sistema de gestión de calidad.

6.3.4. Establecimiento de indicadores

Una vez establecido el plan de formación, los responsables de Recursos Humanos y de las distintas áreas deben fijar una serie de indicadores de seguimiento de los cursos que se incluyen en el mismo, de modo que se mantenga el concepto de mejora continua, y se disponga de este modo de datos estadísticos para posteriores valoraciones.

6.4. PROPUESTA DE MEJORA Nº 2

REDEFINICIÓN DE LA ORGANIZACIÓN FUNCIONAL DE LA EMPRESA	
Situación actual	Diseño organizativo (organigrama) en estructura vertical y centralizada.
Desperdicios existentes	Todos los desperdicios de la filosofía Lean, especialmente el de Recursos Humanos y el de tiempos de espera.
Áreas a las que afecta	Toda la organización.
Situación deseable	Situación en la que todas las personas de la organización se sientan identificadas con la misma y compartan sus objetivos, de modo que la fabricación no se oriente a tareas o funciones sino a procesos (entendiendo éstos como orientados al producto y, más concretamente, al valor – cliente, no como procesos orientados a funciones). Organigrama funcional horizontal y descentralizado.
Herramientas de mejora	El Factor Humano / Kaizen / JIT (menos contabilidad).
Beneficios deseados	Mejora de las relaciones entre las personas en el lugar de trabajo, unida a una disminución en los tiempos de toma de decisiones y una mayor conciencia de la importancia del trabajo en equipo. Se potencia por encima de todo un concepto básico Lean: el liderazgo.
Responsable/s	Director general.
Propietario	Director general.
Plazo de implantación	Implantación inmediata tras darse a conocer a todo el personal los motivos que han dado lugar a la modificación en la estructura organizacional y quedar perfectamente claros los distintos roles a desempeñar.

6.4.1. Introducción

En general un cambio en el organigrama funcional de la empresa no se considera como una mejora aceptable, ni siquiera se tiene conciencia de que ello constituya realmente una mejora. Los cambios en las organizaciones no se logran fácilmente, y existen muchas personas en contra de los mismos si creen que las cosas van bien. No obstante, el organigrama funcional más habitual de las empresas, el de estructura vertical y centralizada, está claramente en contra de los objetivos de un sistema de producción Lean (y no sólo en esa función sino en todas las demás). Este organigrama vertical viene estableciéndose prácticamente "por defecto" en todas las organizaciones desde la Revolución Industrial, y el objeto de esta propuesta es demostrar que un cambio de jerarquía organizacional, una redefinición organizativa en la empresa, es capaz de producir una enorme cantidad de beneficios.

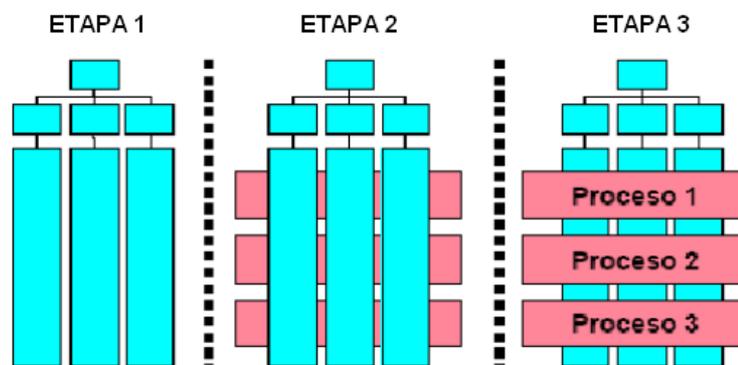
6.4.2. El cambio hacia una estructura horizontal y descentralizada

En el apartado 5.5.2 del capítulo anterior se analizó el organigrama presente en la planta de composites. En él puede comprobarse como existe una clara verticalidad jerárquica, que abarca desde el director general hasta los operarios y personal en formación en la división de materiales compuestos, pasando por una serie de niveles intermedios donde aparecen figuras como el gerente, el director de operaciones, los responsables de producción, calidad, etc., y el jefe de taller. Con una distribución de tal modo el sistema se enfoca a tareas o funciones, y no hacia un sistema integrado de procesos como debería orientarse, dando lugar a límites en los trabajos, exceso de burocracia en la toma de decisiones por los distintos niveles existentes, y por tanto problemas de comunicación dentro de la empresa. Se hace necesario un cambio en la filosofía y modificar esta estructura hacia un enfoque hacia un proceso global integrado, hacia la calidad del producto.

La implantación de esta mejora requiere:

1º) TENER POCOS LÍDERES DE GRAN CALIDAD Y MUCHAS PERSONAS DEBAJO DE SU NIVEL JERÁRQUICO: se disminuye de este modo el número de estratos gerenciales entre la dirección general y el personal de un determinado proceso. Para ello debe redefinirse el organigrama funcional vertical a uno horizontal, proceso definido por tres estados o etapas:

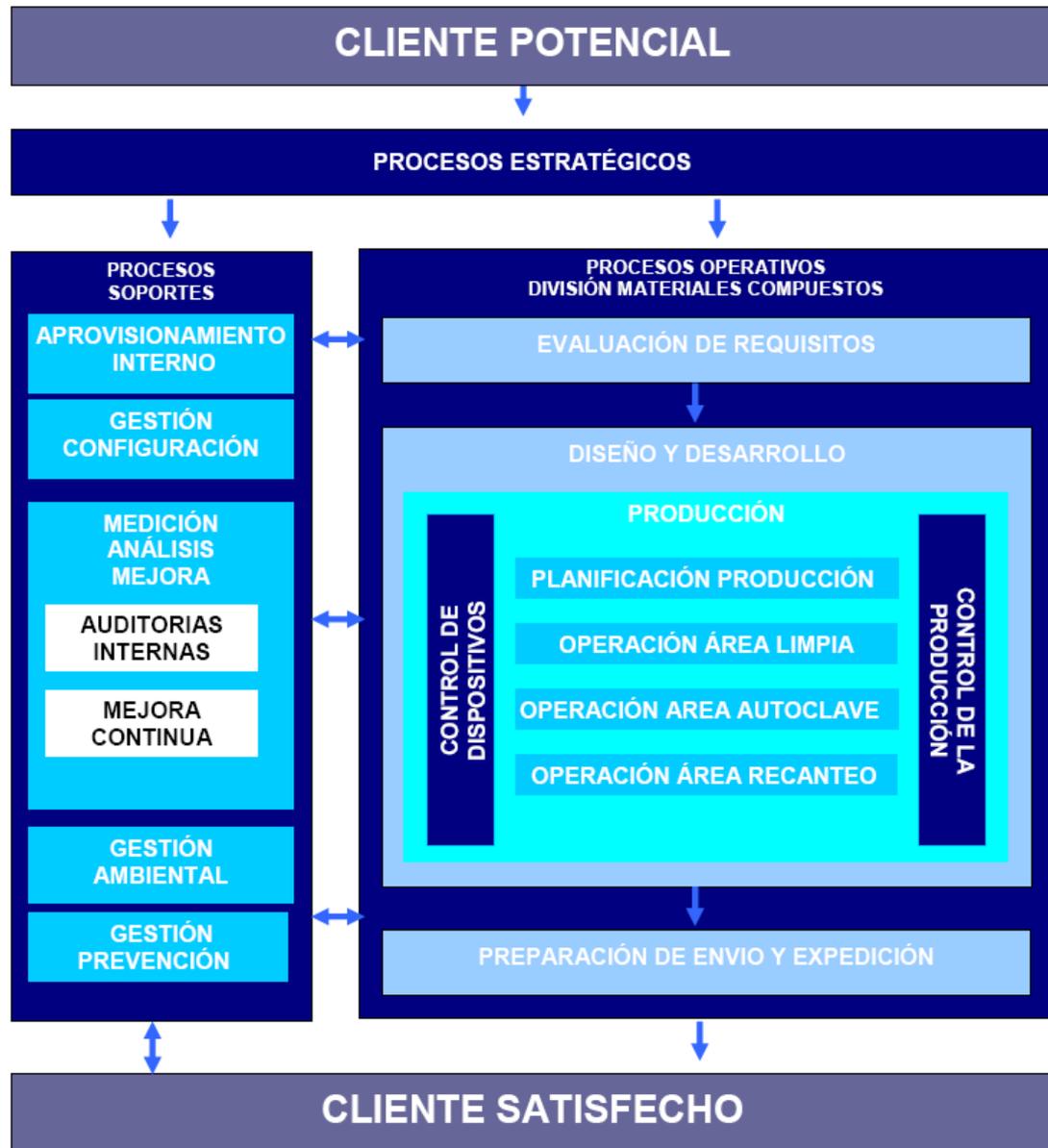
- Etapa 1: domina el enfoque a tareas o funciones y la organización está dividida en departamentos.
- Etapa 2: los procesos comienzan a ganar importancia, a pesar de que aún predominan las tareas o funciones.
- Etapa 3: predominio de los procesos sobre las tareas o funciones, de modo que se consigue la horizontalidad en la organización.



2º) MANTENER EL ENFOQUE A PROCESOS, NO A TAREAS O FUNCIONES: en lugar de crear estructuras alrededor de funciones o departamentos, deben crearse en torno a los procesos clave, con objetivos de desempeño específicos. A su vez, cada equipo estará liderado por la persona más indicada, acompañada por un equipo de trabajadores de distintos departamentos de la empresa.

Los procesos se representan a continuación en el Mapa de Procesos:

MAPA DE PROCESOS



Los tres rectángulos de color azul representan los tipos de procesos que deben aparecer recogidos en el Sistema de Gestión de Calidad de una organización:

- Procesos estratégicos: analizan las necesidades y condicionantes de la sociedad, mercado y accionista.

- Procesos operativos: aquellos a partir de los cuales el cliente percibirá y valorará la calidad (corresponden a los estudiados en el capítulo 4 del proyecto).
- Procesos soporte: proveen a la organización de todos los recursos necesarios, tales como personas, maquinaria, materia prima, etc.

Queda clara la importancia de orientar los procesos hacia el “valor” (clientes) y no hacia la rentabilidad, algo en contra de la conciencia empresarial general que existe en las organizaciones. La estructura organizativa debe dirigirse por tanto al cliente y a su satisfacción por encima de todo.

3º) EQUIPOS MULTIDISCIPLINARES Y AUTOGESTIONADOS: la interacción entre las personas de una organización es fundamental para la prosperidad de la misma. Se ha comentado en más de una ocasión a lo largo del proyecto que los recursos humanos representan el bien máspreciado de una empresa, y que el aprovechamiento máximo del potencial de los mismos sólo se logrará cuando se consiga una implicación de todos. El trabajo en equipo es una forma de conseguirlo, ya que, al igual que ocurre en una sesión de “Brainstorming”, el potencial de una persona aumenta cuando interacciona con sus semejantes en un entorno satisfaciente. Las personas deben dejar de pensar de modo individual para hacerlo de modo global, en busca de un bien común. Esto se logra formando equipos de trabajo multidisciplinares, en los que participen personas de distintos departamentos y con distintas funciones.

La empresa debe gestionar el cambio hacia equipos de trabajo mediante expertos en dirección y desarrollo de los mismos, y entrenar a sus equipos para analizar cualquier tipo de información en bruto para que tomen sus propias decisiones al respecto. La responsabilidad debe estar repartida ente todos los miembros del equipo (que no grupo) de trabajo, de tal forma

de que exista un entorno agradable y armónico, que permita y promueva la participación y la implicación de todos en la búsqueda de un mejor desempeño profesional.

Deben promoverse los canales de comunicación tanto entre miembros de un equipo como entre equipos (algo que también se analizará en la propuesta de mejora nº 6), tanto formales como informales, eliminándose al mismo tiempo las barreras comunicacionales y fomentando además una adecuada retroalimentación, consiguiéndose de este modo que el equipo realice sus labores de un modo coordinado y con un objetivo común.

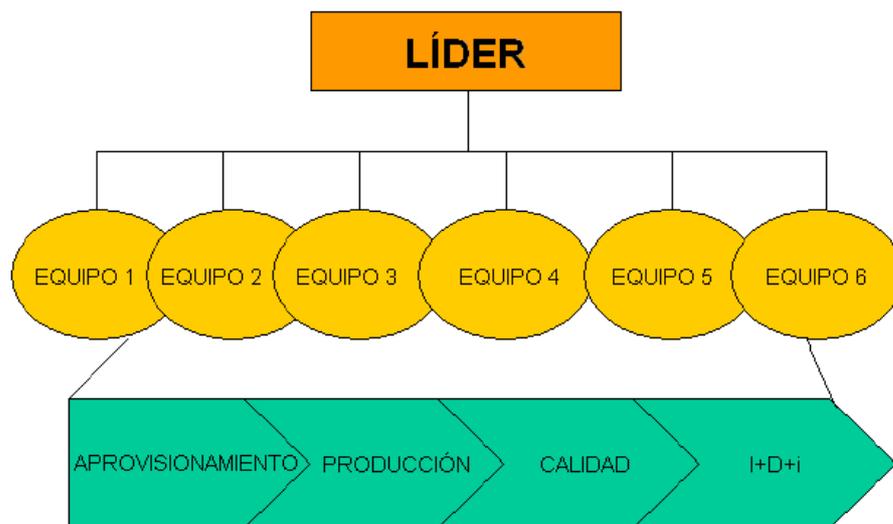
4º) MOTIVACIÓN Y PARTICIPACIÓN MASIVA DE TODOS LOS EMPLEADOS EN LOS OBJETIVOS DE LA ORGANIZACIÓN: lo que puede lograrse premiando a los equipos, modificando los sistemas de evaluación y de incentivos en función de los resultados obtenidos por el equipo, y no por cada persona individualmente. Un buen sistema de incentivos no debe ser discriminatorio, y menos dentro de un equipo de trabajo, ya que dependiendo de las condiciones puede crear tensiones en el mismo que conlleven fisuras en su estructura y, por tanto, pérdidas de eficiencia (el sistema de incentivos se estudiará en la propuesta de mejora nº 4).

5º) EL OBJETIVO ES SATISFACER AL CLIENTE: los clientes deben ser los que evalúen el desempeño, no la rentabilidad, ya que si los clientes se satisfacen las ganancias no faltarán.

6º) MÁXIMO CONTACTO Y BUEN NIVEL DE RELACIÓN CON CLIENTES Y PROVEEDORES: los empleados deben tomar contacto directo y regular con los proveedores y los clientes; así como deben agregarse representantes de los mismos como miembros de los equipos de la empresa cuando se considere que se favorece el servicio. Esta cuestión se estudiará con mayor profundidad en la propuesta de mejora nº 11.

6.4.3. Nuevo organigrama funcional

En base a todas las consideraciones que se han comentado, la estructura organizativa horizontal y descentralizada que debe presentar toda empresa que aborde un proyecto Lean es la siguiente:



Con la estructura presentada en equipos de trabajo multidisciplinares liderados por pocas personas pero de gran calidad se conseguirá mejorar la comunicación en la empresa, ya que si establecen unos objetivos para los distintos equipos de trabajo, y estar éstos formados por personas de diversos departamentos, se logra hacer confluir los fines departamentales por el hecho de que ya no se encuentran trabajando de un modo aislado, sino que trabajan codo con codo entre sí. Este hecho, unido a unas buenas dotes de liderazgo y capacidad motivadora del líder, y a la disminución radical (y por tanto aumento de flexibilidad) de los tiempos muertos por lentitud en la toma de decisiones, convierte a este organigrama en el ideal para cualquier empresa Lean. Eso si, el cambio no resulta nada simple, especialmente por la necesidad de rotura de paradigmas muy arraigados en los empresarios, que se resisten a plantearse redefiniciones de este tipo.

6.5. PROPUESTA DE MEJORA Nº 3

HOUSEKEEPING: ORDEN Y LIMPIEZA DEL PUESTO DE TRABAJO	
Situación actual	Falta de orden y limpieza en los puestos de trabajo, tanto de la zona de producción como de la de ingeniería.
Desperdicios existentes	Desperdicio por movimientos / Desperdicio por tiempos de espera / Desperdicio por transportes / Desperdicio por exceso de inventario.
Áreas a las que afecta	Toda la planta de producción.
Situación deseable	Situación de orden y limpieza que permita eliminar desperdicios en la que exista conciencia de la importancia de su mantenimiento. Implicación de todos para que el orden se mantenga a todos los niveles, tanto físico como lógico, de modo que en todo momento se tenga constancia de la situación de un determinado elemento. Procedimientos establecidos al respecto e incorporación de este aspecto como objetivo primordial de mejora continua en la política empresarial por parte de la dirección.
Herramientas de mejora	Housekeeping (5 S) / Kaizen.
Beneficios deseados	Eliminación de los problemas y desperdicios propiciados por la falta de orden, además de una disminución drástica de los Lead Time de fabricación. Estado de satisfacción de los trabajadores con su entorno de trabajo, no sólo a pie de planta, sino también en oficinas. Mejora del orden de documentos lógicos (digitales) y identificación o eliminación de copias múltiples innecesarias.

Responsable/s	Responsable de calidad.
Propietario	Gerente de la división de materiales compuestos.
Plazo de implantación	Necesidad de concienciación de su importancia inmediata; implantación sistemática progresiva a través del sistema de las 5 S; partes de trabajo y plantillas específicas de calidad operativas en un periodo de un mes.

6.5.1. Introducción

A la hora de planificar la mejora de las organizaciones frecuentemente sólo se piensa en soluciones complejas. Hablar de organizar, ordenar y limpiar puede ser considerado por muchos como algo trivial o demasiado simple. Son conceptos que se asocian al ámbito doméstico y nunca al empresarial. Sin embargo, estos tres conceptos tan sencillos en una primera impresión, son uno de los primeros pasos que debe dar cualquier organización en su proceso de mejora y una premisa básica e imprescindible para aumentar la productividad y obtener un entorno seguro y agradable.

Cuando se infravaloran las actividades de organización, orden y limpieza se desaprovecha una excelente oportunidad de mejora. Adoptando un plan sistemático de gestión que mantenga y mejore continuamente la organización, el orden y la limpieza, se consigue de forma inmediata una mayor productividad y un mejor lugar de trabajo.

El objetivo de esta propuesta de mejora es la implantación sistemática de las 5 S como hilo conductor de un buen Housekeeping en la planta de producción, tanto en la zona de producción como en las oficinas, e incluso en el interior de los sistemas informáticos (ordenadores, servidores de datos, etc.) que se manejan como apoyo al trabajo. Se establecerán del mismo modo procedimientos basados en la normativa aplicable que ayuden a mantener el orden y la limpieza en la planta.

6.5.2. El equipo de trabajo del Housekeeping

En consonancia con la propuesta de mejora anterior, se definirá un equipo de trabajo formando por operarios de la división para el caso de la zona de producción, y de técnicos para la zona de ingeniería; liderado por un responsable (habitualmente el de calidad), que será el que defina las pautas a seguir y el encargado de hacer llegar a todo el personal de la organización la importancia del concepto de Housekeeping. El equipo de trabajo se encargará en general de la planta, del mismo modo que cada uno de sus miembros lo hará de su propio puesto de trabajo. El equipo fijará las pautas para el cumplimiento de todas las etapas de las 5 S.

A pesar de que exista un equipo destinado a dicho fin, la conciencia de Housekeeping debe abarcar a toda la organización. Nadie debe despreocuparse del mantenimiento de las condiciones por la existencia de un equipo, ya que estaría contradiciendo la estructura horizontal y descentralizada propuesta con anterioridad.

No deben confundirse los objetivos de este equipo con los que podrían esperarse de un "zafarrancho de limpieza" organizado en poco tiempo como consecuencia de alguna visita o similar. El Housekeeping no se implanta de un modo puntual, sino que debe crearse procedimiento y estandarización como se verá a continuación.

6.5.3. Aplicación de las 5 S en la planta de composites

Para la implantación de un buen Housekeeping en la planta deberán seguirse los 5 pasos descritos por la metodología de las 5 S: Seriri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke. La participación de todas las personas que trabajan en la planta (incluyendo a los altos mandos) es fundamental para un correcto desarrollo de la mejora.

6.5.3.1. Seiri – Separar

En la primera etapa del Housekeeping el objetivo es distinguir lo necesario de lo innecesario en el puesto de trabajo. El equipo deberá clasificar todos los materiales, herramientas, documentos, etc. que encuentre en la zona de producción (sala limpia, zona de autoclave y de recanteo), así como en la zona de ingeniería (oficinas y zona de expediciones) en estas dos categorías.

El criterio para determinar si algo es necesario o no será que todo aquello que no se tenga la absoluta seguridad de que va a utilizarse en un plazo de un mes se clasifica como innecesario. Se seguirá el método de etiquetación de color rojo para identificar estos elementos, usando etiquetas rojas de un tamaño aproximado de 10x15 cm. El objetivo es que al finalizar esta etapa el lugar de trabajo esté plagado de estas etiquetas. Si hay dudas entre si colocar o no una etiqueta sobre un elemento, debe colocarse. Sólo debe permanecer desetiquetado lo que sea absolutamente imprescindible para el trabajo en el lugar que ocupa actualmente. No debe temerse a una gran acumulación de tarjetas rojas por la planta, esto es señal de que el procedimiento que se está creando está dando resultado. Cuando mayor sea el número de tarjetas apreciables al acceder a un determinado área (se hace especial hincapié en la sala limpia ya que como puedo comprobarse en el capítulo 4 el trabajo de mayor importancia se lleva a cabo en su interior).

Durante la observación del proceso se comprobó la existencia de multitud de herramientas y objetos "fuera de lugar" que deberían ser etiquetados en esta etapa. En la sala limpia por ejemplo existen multitud de sobrantes (retales), material desechable, elementos de oficina, rollos de pasta de sellado, cinta Flashbreaker, documentación esparcida por las mesas de trabajo sin ser utilizada, etc. En las oficinas se detectan gran cantidad de documentos colocados sobre las mesas que no se usan durante

grandes periodos de tiempo, catálogos de productos, exceso de material de oficina, válvulas sin uso, herramientas de metrología fuera de su zona, etc. El equipo de Housekeeping debe asegurarse de que todo lo innecesario sea etiquetado.

El retiro de todos los elementos marcados con etiquetas rojas se llevará a cabo del modo más ordenado posible, depositándose cada cual en su lugar de origen, evitando amontonamientos por la sensación de lentitud en su desarrollo. Es preferible invertir más tiempo y lograr un buen desarrollo de la etapa que intentar hacerlo rápidamente y no obtener los resultados que se persiguen.

La eliminación de los elementos innecesarios también deja espacio libre (mucho más del imaginable a priori), lo que incrementa la flexibilidad en el uso del área de trabajo, ya que una vez descartado lo innecesario todo lo que queda es lo realmente útil y lo que se necesita.

Se darán casos en que no deba trasladarse un elemento etiquetado a su lugar de origen o almacén, porque sea algo no útil ni siquiera en un futuro. Este tipo de elementos (residuos) que se detecten deberán ser eliminados (teniendo en cuenta el sistema propuesto de gestión de residuos que se propondrá en la mejora nº 12) en lugar de trasladados.

Como parte del proyecto y de esta mejora, se propone el siguiente esquema procedimental de implementación de esta etapa:

PROCEDIMIENTO ESTABLECIDO PARA "SEIRI":

1. Lista de elementos innecesarios.
2. Tarjetas de color identificadoras.
3. Plan de acción para retiro de elementos.
4. Control e informe final.

6.5.3.2. Seiton – Ordenar

Una vez terminada la etapa anterior, el lugar de trabajado habrá quedado únicamente con los elementos necesarios (ya que los innecesarios o se devolvieron a sus lugares o fueron desechados), por lo que en esta segunda etapa deben ordenarse de forma que queden en disposición de ser utilizados cuando se necesiten rápidamente. Los propios trabajadores de cada puesto serán los encargados de ordenar los elementos necesarios ya que ellos mejor que nadie sabrán cuál es el mejor sitio para ubicar un determinado elemento.

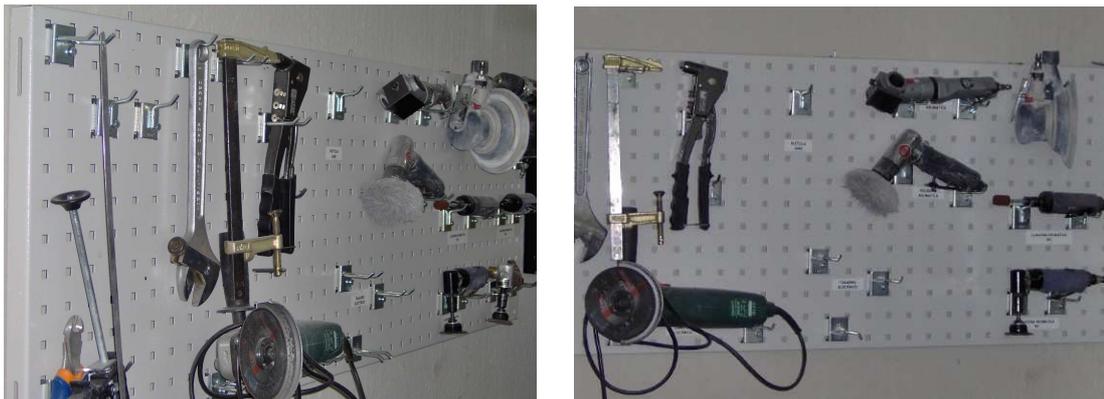
El objetivo de esta etapa es distribuir los elementos de forma que se minimice en tiempo de búsqueda de los mismos y el esfuerzo cuando deban usarse. Para hacer esto, cada elemento debe tener una ubicación, un nombre y un volumen designados, debe especificarse no sólo la ubicación, sino también el número máximo de elementos que se permiten. Un ejemplo de ello serían las estanterías de herramientas o las cajas de material auxiliar utilizado en la fabricación.

Deberán delimitarse en el piso las zonas donde deban colocarse cajas, carros, etc., de modo que quede perfectamente clara la localización de cada grupo de elementos. Se recomienda además el uso de una etiquetadora tipo DYMO para indicar nombres, ubicaciones, etc. Estas etiquetas se colocarán en los elementos (por ejemplo, "secador sala limpia 1") así como en sus ubicaciones (por ejemplo, "cajas de pasta de sellado").

El objetivo de Seiton no es que la ordenación de los elementos resulte agradable a la vista, sino que sea práctica y operativa. En la zona de recorte por ejemplo, el número y la variedad de herramientas existentes es alto debido a las actividades que se desarrollan en su interior. Inicialmente se disponía de ellas en carros de herramientas sin etiquetar por lo que

debían abrirse todos los cajones para encontrar un determinado utensilio. Con esta etapa se propone por un lado la etiquetación de cada uno de los cajones de los carros de herramientas y recambios; y por otro la creación de un panel de herramientas para la zona de recorte perfectamente etiquetado y con las siluetas de las herramientas en cada posición, por lo que resulta muy fácil identificar si una herramienta está siendo usada o no, así como la colocación de las mismas en su posición correspondiente.

Esta medida (panel de herramientas) ha comenzado a implantarse recientemente por lo que pueden mostrarse unas imágenes previas de cómo quedaría la mejora para esta zona:



Imágenes 96 y 97

Primeros pasos en la instalación de un panel de herramientas para la zona de recorte, con los nombres de las herramientas etiquetados y a falta de las siluetas

En la sala limpia se situarán paneles de menor tamaño en las paredes donde se situarán las herramientas que se utilizan en su interior. Se colocarán un total de 4 paneles (2 paneles por mesa de trabajo), cada cual etiquetado con un número (del 1 al 4). Las herramientas (cutters, espátulas, reglas, sopladores de aire, etc.) se etiquetarán igualmente con su nombre y el número del panel al que pertenecen. De este modo al final de cada jornada o turno laboral los operarios podrán comprobar que realmente se han colocado todos los elementos en sus lugares correspondientes, y se

controlará igualmente el estado de los mismos al tenerlos controlados mediante la citada numeración. Todo el material auxiliar de tipo rollo (pastas de sellado, cinta aireadora de contorno de fibra de vidrio, cinta de alta temperatura, etc.) se situará en cajas etiquetadas e igualmente se trazarán con las 4 posiciones anteriormente mencionadas los rollos en uso para evitar la acumulación de ellos sobre las mesas y la falta de control de consumo de materiales.

La documentación asociada al proceso productivo disponible en formato papel se ordenará en archivadores por programas, y, dentro de estos, por tipo de documento (planos, libros de Lay-Up, R.E.P.'s, etc.). Junto a la entrada de la sala limpia (en la zona interior de la misma, no fuera de la exclusiva) se situará un buzón transparente de entrada de órdenes de producción cerradas, en el que los técnicos pertinentes situarán en orden de producción las distintas órdenes, de modo que la primera visible a través del cristal transparente siempre sea la próxima a fabricar. Una vez en fabricación, la orden de producción en ningún momento debe abandonar a su pieza correspondiente (o kit, bolsa de vacío, etc.). Todas las órdenes colocadas en el buzón de entrada deben estar cerradas por el responsable pertinente.

En las zonas de oficinas la metodología a seguir será similar a la expuesta hasta el momento.

Se propone al igual que en el caso del Seiri el siguiente esquema procedimental de implementación de esta etapa de Seiton:

PROCEDIMIENTO ESTABLECIDO PARA “SEITON”:

1. Control visual.
2. Mapa de las 5 S.
3. Marcación de la ubicación.

El mapa de las 5 S es un gráfico que muestra la ubicación de los elementos que se pretenden ordenar en un área de la planta. Se puede utilizar el propio layout de la misma colocado en cada zona (sala limpia, área de autoclave, zona de recorte, oficinas y zona de expediciones, etc.), marcándose en cada cual los lugares donde se ordenan los distintos elementos que se utilizan. No obstante se deja a elección del equipo de Housekeeping su consideración.

6.5.3.3. Seiso – Limpiar

El mismo concepto de Housekeeping implica considerar el puesto de trabajo como un hogar, por lo que la limpieza del mismo una vez ordenado únicamente con los elementos necesarios es el siguiente paso lógico. Debe limpiarse el lugar de trabajo, incluyendo los suelos, las paredes y la maquinaria. Todo debe quedar perfectamente limpio en todo momento, no en instantes concretos. Cuando la máquina está cubierta de aceite, hollín y polvo, es difícil identificar cualquier problema que se pueda estar formando, sin embargo, mientras se limpia la máquina puede detectarse con facilidad una fuga de aceite, una grieta que se esté formando en la cubierta, o tuercas y tornillos flojos, y una vez reconocidos estos problemas, pueden solucionarse con facilidad.

Según se analizó en el capítulo 4, la normativa aeronáutica de fabricación de composites obliga a mantener unas determinadas condiciones ambientales en el interior de la sala limpia, una de las cuales es el control de partículas de tamaño superior a 5 μm . Se hace pues necesaria una concienciación de la importancia de esta limpieza. Actualmente las actividades de limpieza se realizan de modo subcontratado, pero no existe un procedimiento según el cual se lleve control de cuándo debe limpiarse, ni qué elementos se han de limpiar antes que otros.

El procedimiento que se establece para esta etapa es el siguiente:

PROCEDIMIENTO ESTABLECIDO PARA "SEISO":

1. Planificar el mantenimiento de la limpieza (subcontrata).
2. Preparar el manual de limpieza.
3. Preparar elementos para la limpieza.
4. Implementación de la limpieza.

El responsable de calidad deberá establecer unas pautas para la etapa de Seiso, de modo que la limpieza se realice de un modo controlado y planificado. Para ello se han de crear planes de limpieza y una orden de trabajo específica para la subcontrata especialmente dedicada a la sala limpia por las particularidades de las condiciones en el interior de la misma.

El "plan de inspección de limpieza" para la sala limpia de la planta de producción es el siguiente:

PLAN DE INSPECCIÓN DE LIMPIEZA		
Equipos, suelos, bancos de trabajo y herramientas	No necesita inspección	Intervalo recomendado de limpieza 24 horas, máximo 1 semana
Paredes hasta una altura de 2.10 m	No necesita inspección	Intervalo recomendado de limpieza 30 días
Resto de paredes, techos, dispositivos colgantes, etc.	Inspección cada 30 días	Intervalo recomendado de limpieza 12 meses

En base a él se ha creado una herramienta de trabajo para el control de calidad de esta etapa:

PLAN DE LIMPIEZA DE LA SALA LIMPIA

		L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V
DOS VECES A LA SEMANA	EQUIPOS																				
	SUELO																				
	BANCOS DE TRABAJO																				
	HERRAMIENTAS																				
DOS VECES AL MES	PAREDES HASTA 2.10 METROS ALTURA																				
	RESTO DE PAREDES																				
	TECHOS																				
	DISPOSITIVOS COLGANTES																				

Esta herramienta permite a ingeniería de calidad controlar mensualmente (y anualmente si se expande la plantilla de modo que cubra el periodo de un año) el Seiso en la sala limpia. De este modo la subcontrata de limpieza conocerá cuáles son las necesidades de limpieza de las distintas zonas y elementos en función a la normativa del sector.

Este plan se complementa con el correspondiente "parte de trabajo", a cumplimentar por la persona que lleva a cabo la limpieza. Una vez realizada, el parte se entrega a calidad, quien dispone de este modo de un documento sellado que asegura el cumplimiento de los requisitos de la norma.

El nuevo parte de trabajo se presenta en la página siguiente:

PARTE DE TRABAJO		
OPERARIO	<input style="width: 100%; height: 30px;" type="text"/>	
FECHA	<input style="width: 100%; height: 30px;" type="text"/>	
HORA DE ENTRADA		HORA DE SALIDA
<input style="width: 100%; height: 30px;" type="text"/>		<input style="width: 100%; height: 30px;" type="text"/>
OPERACIONES REALIZADAS	MAÑANA O TARDE (M/T)	INCIDENCIAS
EQUIPOS: CLIMATIZADOR, NEVERA, ARMARIO, ESTANTERÍA Y ORDENADOR		
SUELO		
BANCOS DE TRABAJO: MESAS, PORTAROLLOS, BIDONES DE BASURA, CARROS, MÁQ. ELEVADORA Y CARRO DE HERRAMIENTAS		
HERRAMIENTAS: REGLAS, PALETAS DE NYLON, SECADORES, CUTTERS Y TIJERAS		
PAREDES HASTA 2.10 METROS DE ALTURA		
RESTO DE PAREDES		
TECHOS		
DISPOSITIVOS COLGANTES		

REVISADO POR

El hecho de que la limpieza sea llevada a cabo por un contrata no implica que el personal que trabaja en la planta no deba implicarse en esta etapa de Seiso, todo lo contrario, quizás más que ninguna otra aquí deben contribuir con el cumplimiento de las pautas que enumeran las normas.

6.5.3.4. Seiketsu – Sistematizar

En esta etapa se tiende a conservar lo que se ha logrado aplicando estándares a la práctica de las tres primeras "S". Esta cuarta "S" está fuertemente relacionada con la creación de los hábitos necesarios para conservar el lugar de trabajo en condiciones perfectas. Todas las personas que trabajen en la planta deben mantener la forma de trabajar que han desarrollado en las tres etapas anteriores durante la implantación de esta mejora. No resultará fácil, pues lo normal es que se vuelva a la situación que existía antes de la implantación. Es por esto necesario que el asunto se trate desde la dirección y la gerencia y se fije de este modo como uno de los objetivos a cumplir de la empresa.

Se trata de estabilizar el funcionamiento de todas las reglas definidas en las etapas precedentes, con una mejora y una evolución de la limpieza, ratificando todo lo que se ha realizado y aprobado anteriormente, con lo cual se hace un balance de esta etapa y se obtiene una reflexión acerca de los elementos encontrados para poder darle una solución.

Se definen trabajos y responsables, de manera que cada cual de la entidad conozca exactamente cuáles son sus responsabilidades sobre lo que tiene que hacer y cuándo, dónde y cómo hacerlo.

Por tanto, el procedimiento estandarizado que se define para esta cuarta etapa de Seiketsu es el siguiente:

PROCEDIMIENTO ESTABLECIDO PARA "SEIKETSU":

1. Asignar trabajos y responsables.
2. Integrar las acciones clasificar, ordenar y limpiar en los trabajos.

6.5.3.5. Shitsuke – Estandarizar

Esta etapa está especialmente dedicada a crear disciplina de Housekeeping. La práctica de la disciplina pretende lograr el hábito de respetar y utilizar correctamente los procedimientos, estándares y controles previamente desarrollados. En lo que se refiere a la implantación de las 5 S, la disciplina es importante porque sin ella, la implantación de las cuatro primeras "S" se deteriora rápidamente.

Este tipo de técnicas encuentran obstáculos por parte de las personas, ya que éstas deben estar convencidas de que su implicación en ellas ofrecen resultados satisfactorios. Una buena forma de mostrárselos sería de forma visual, mediante presentaciones en las que se muestren imágenes del antes y el después de su aplicación.

El equipo de Housekeeping será el encargado de la evaluación continua de su práctica y conservación a lo largo del tiempo. Del mismo modo, el papel de la dirección es fundamental, demostrando su compromiso con el objetivo de mejora en este aspecto.

Por tanto, el procedimiento para esta etapa queda del modo siguiente:

PROCEDIMIENTO ESTABLECIDO PARA "SHITSUKE":

1. Papel de la dirección.
2. Formación.
3. Papel de los trabajadores y subcontratistas.

6.5.4. Housekeeping lógico: archivos informáticos

Como se ha indicado, el orden no sólo debe tenerse presente de cara a la planta de producción, sino también al interior de los dispositivos de almacenamiento informático en que se apoya la producción. El equipo de Housekeeping debe dedicar una sesión especial a elaborar un procedimiento de purga de documentos obsoletos y duplicados, de modo que el acceso a documentación importante esté controlado y no se pierda tiempo buscando documentos.

Como se comentó en el capítulo 4, la planta de composites posee un servidor de datos donde se almacena la documentación más relevante, con permisos de acceso. En él se copian los archivos de documentación de fabricación y calidad sin un orden claro, sólo conocido por el responsable de sección (producción en planos, R.E.P.'s, etc., y calidad en registros, normas, etc.). Se propone el establecimiento de un árbol de directorios con permisos de acceso estructurado de un modo que cualquier persona pueda encontrar fácilmente cualquier documento que necesite.

La estructura propuesta para la documentación es la siguiente:

- Raíz del servidor: directorios estructurados por secciones, es decir, producción, calidad, I+D+i, proyectos, etc.
- Directorios de secciones: se dividirá en programas, tales como A340, A400M, línea de negocio VIP, etc.
- Directorios de programas: se subdividirá en documentación interna (propia de la empresa) y documentación externa (enviada por clientes).
- Documentación interna: en producción se incluirán libros de Lay-Up, órdenes de producción, valoraciones de ofertas, simuladores de programa, control de consumo de materiales, etc. En calidad se

encontrarán procedimientos y normas interna, registros de los procesos, etc.

- Documentación externa: en producción se incluirán informes y notas técnicas, especificaciones de fabricación, requerimientos de oferta, planos, R.E.P.'s, etc. En calidad se encontrarán normas externas (de clientes), certificados de conformidad, etc.

El equipo de Housekeeping será el encargado de definir la estructura final de almacenamiento de datos. Se normalizarán los nombres de archivos siguiendo un formato determinado (por ejemplo, los libros de Lay-Up podrían nombrarse como “LAYUP-P/N-REVISIÓN”), y se realizará un informe final de almacenamiento de datos digitales a disposición de todo el personal de modo que cualquier persona pueda conocer dónde encontrar la información que necesita. El sistema de permisos de acceso se mantendrá.

El fin último de esta mejora es lograr un sistema de almacenamiento de datos versátil, de modo que se permita la eliminación de la enorme cantidad de copias en papel que existen de documentos a los que apenas se accede. La pérdida de tiempo por la falta de organización en los sistemas informáticos es uno de los principales problemas del Housekeeping en las oficinas.

6.6. PROPUESTA DE MEJORA Nº 4

CREACIÓN DE UN SISTEMA DE INCENTIVOS	
Situación actual	Falta de motivación de los trabajadores, especialmente de los operarios. Gran cantidad de desperdicios como consecuencia de ello.
Desperdicios existentes	Todos los desperdicios de la filosofía Lean, especialmente el de Recursos Humanos.
Áreas a las que afecta	Toda la planta de producción.
Situación deseable	Situación de mejora continua en la que los trabajadores se sientan identificados y motivados a aumentar su productividad. Existencia de un sistema de incentivos de múltiples partidas capaz de favorecer esta implicación y motivación, y capaz de unificar objetivos entre personas y empresa.
Herramientas de mejora	El Factor Humano/ Kaizen / Tableros de información.
Beneficios deseados	Mejora de la productividad y disminución de pérdidas de tiempo y de calidad por falta de motivación el personal.
Responsable/s	Responsable de Recursos Humanos.
Propietario	Gerente de la división de materiales compuestos.
Plazo de implantación	Necesidad de concienciación de su importancia inmediata; implantación sistemática progresiva de modo que los trabajadores vayan ganando conciencia de que la empresa va a reconocer sus méritos y su buen trabajo.

6.6.1. Introducción

Es difícil definir cuál o cuáles son los elementos claves a la hora de buscar la máxima motivación del talento humano en una empresa. Algunos piensan que el dinero lo puede todo, otros creen que es mejor hacer énfasis en la cultura y los valores organizacionales, ¿cuál funciona mejor? Cada organización defiende su sistema.

Establecer un correcto sistema de retribución es complejo y requiere un estudio profundo por parte del Departamento de Recursos Humanos.

De cualquier modo, a la hora de enfocar este sistema de incentivos deben manejarse las "políticas retributivas" ya que son el principal medio del que dispone una empresa para motivar a sus empleados. Cada día se tiende, en mayor medida, a introducir una parte variable en los salarios encaminada a estimular determinados comportamientos en los miembros de la organización. Esta parte variable se vincula al valor del empleado para la organización, expresada mediante el resultado de la evaluación del personal y su rendimiento; con ella se trata de premiar tanto el resultado logrado en el trabajo como su potencial, atributos y características personales, especial dedicación, etc. No obstante, hoy en día, en la parte variable de los salarios predominan las recompensas vinculadas al rendimiento logrado en el trabajo.

6.6.2. Ventajas e inconvenientes de la implantación

VENTAJAS

- El salario debe permitir vincular estrechamente la remuneración con la contribución del trabajador constituyendo, a corto plazo, un factor motivador para mejorar, haciendo al sujeto responsable de

los resultados de sus actuaciones y disminuyendo así los riesgos de desviaciones del objeto principal.

- Disminuye el riesgo económico de la empresa al convertir costes fijos en variables, pues parte del salario fijo se hace variable con la retribución flexible.
- Permite orientar la actuación de los trabajadores al logro de objetivos específicos mediante el establecimiento de incentivos.

INCONVENIENTES

- Supone un trabajo adicional de administración y control, sobre todo si se opta por sistemas que consideren muchos factores.
- El coste total de un sistema basado en fijo más variable suele ser superior al coste de la alternativa basada exclusivamente en el fijo, pero si el sistema funciona bien, la mayor eficiencia compensará con creces los mayores costes.
- Si el sistema no está bien ajustado existe el riesgo de que los ingresos se disparen y se produzcan diferencias injustificadas entre distintos empleados y colectivos.

Para el trabajador, la principal ventaja es que permite a los mejores empleados mayor reconocimiento e ingresos que los que obtendrían con un sistema fijo. Por el contrario, el principal inconveniente radica en la menor seguridad en los ingresos a percibir.

Un incentivo es aquello que se propone estimular o inducir a los trabajadores a observar una conducta determinada que, generalmente, va encaminada directa o indirectamente a conseguir los objetivos de: más calidad, más cantidad, menos coste y mayor satisfacción; de este modo, se pueden ofrecer incentivos al incremento de la producción, siempre que no descienda la calidad, a la asiduidad y puntualidad (premiándola), al ahorro en materias primas, etc.

Queda claro pues que la labor del Departamento de Recursos Humanos es esencial para controlar y mantener el sistema de incentivos que se fije dentro de unos límites. Un mal sistema de incentivo puede traer problemas muy graves a una empresa.

6.6.3. Propuesta de la estructura general de un sistema de incentivos para los trabajadores de la planta de composites

En vista del análisis del proceso productivo llevado a cabo tanto a nivel operativo (capítulo 4) como a nivel de gestión de empresas (capítulo 5), se propone a continuación la estructura general para un posible sistema de incentivos en la planta. Esta propuesta deberá ser estudiada y aprobada por el Departamento de Recursos Humanos en la acometida del proyecto caso de llevarse a cabo.

En vista de la modificación del organigrama funcional propuesta anteriormente, el sistema de incentivos estará orientado principalmente a los objetivos logrados por el equipo de trabajo; de este modo se logra una mayor eficiencia por parte de los mismos, y se evita el riesgo de la posible disgregación entre miembros de un mismo equipo por logros personales muy diversos y, por tanto, retribuciones muy descompensadas. A este hecho debe añadirse la complejidad de la valoración de la contribución individual a un sistema de producción basado en trabajo en equipo. De este modo se recomienda los incentivos de equipo, aunque no debe olvidarse que el individuo también necesita que se le reconozcan sus logros a través de su desempeño individual.

PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE LA RETRIBUCIÓN:

- Salario fijo: 60 %.
- Incentivos salariales variables: 20 % (15 % equipo, 5 % individual).
- Beneficio sociales: 20 %.

Los incentivos salariales variables se dividen como se ha comentado en una parte mayoritaria de incentivos de equipo, y una minoritaria de incentivos individuales. En el primero de los casos se recomienda recompensar el aumento de competitividad de la compañía, el logro de los objetivos, una alta productividad, bajos niveles de rechazos y alta calidad, reducción de costes y gastos, etc. Estos aspectos deberán ser controlados a través de los distintos indicadores de los procesos que tienen lugar. Los de mayor importancia se estudiaron en el capítulo 4 (indicadores de nivel), así como sus "niveles de capacidad" y los objetivos de los procesos. Se recomienda el uso de una serie de "tableros de información" donde se recojan de un modo muy actualizado (prácticamente a diario una vez esté operativo y funcionando el nuevo sistema de planificación de la producción) los valores de los distintos indicadores. Actualmente éstos aparecen en el Sistema de Gestión Integrado de la Calidad, pero pocas personas realmente saben que están ahí y cuál es la evolución de cada uno de ellos. De este modo se consigue que todos conozcan los resultados de la empresa, que se plasmarán en estos indicadores, y, al mismo tiempo, la empresa pueda valerse de ellos como una motivación e incentivación adicional a su personal. Los tableros de indicadores se colocarán en el interior de la sala limpia y en la zona de ingeniería, y se designará un responsable (habitualmente el de calidad) de su control y actualización en base a los resultados. La incentivación se llevará a cabo según se establezca desde Recursos Humanos en base a las posibilidades de la producción. Junto a los tableros se deberá colocar una tabla donde se especifique claramente el sistema de incentivos para los equipos de trabajo, de modo que todos al contemplar los tableros puedan ver cómo van alcanzando los objetivos y como a su vez serán recompensados por ello. También aparecerán detallados los indicadores y a qué se refiere cada uno (sala limpia, área de autoclave, de recanteo, etc.). Sin lugar a dudas el potencial motivador de una acción de este tipo es enorme.

Los incentivos individuales tendrá en cuenta la participación en la mejora continua como objetivo principal de la empresa a través de las sugerencias que presenta cada individuo, analizando cuáles de las que son presentadas son llevadas a cabo y mostrando cuáles son los beneficios obtenidos. De esta forma también se pretende conseguir que el individuo alcance altos niveles de satisfacción y se sienta parte integral de la empresa y de sus resultados.

La tercera parte del sistema retributivo propuesto corresponde a beneficios sociales que la empresa facilita a sus trabajadores. Este tipo de retribución es muy valorada por las personas, y normalmente consiguen despertar en ellas sentimientos de seguridad e identificación con la organización. Se proponen las siguientes ventajas sociales:

- Abono de dietas a través de tickets que permitan a los trabajadores almorzar en un lugar determinado previamente acordado.
- Abono de los transportes que los trabajadores realicen relacionados con su trabajo independientemente del kilometraje e incluyendo los viajes de ida y vuelta a sus domicilios pertinentes.
- Contribución para todos los trabajadores a un fondo de pensiones. Este es uno de los métodos de incentivación más innovadores y que más se está desarrollando en los últimos años en España, ya que el sistema de pensiones es un "sistema de reparto" y no de "capitalización". Según el Banco Central Europeo (BCE), las proyecciones de la evolución de la población en Europa son prácticamente irrebatibles: dentro de 20 años empezará a haber más personas cobrando pensión que trabajadores cotizando, lo que supone un claro riesgo de los actuales sistemas de pensiones de reparto, vigentes en todos los países de la Unión Europea. Por tanto, la seguridad de los trabajadores que se encuentran

inmersos en este problema es escasa, ya que ven peligrar sus pensiones como consecuencia de la más que posible quiebra de los sistemas de reparto. Si una empresa contribuye a un fondo de pensiones para un trabajador demuestra preocuparse por él, y de ese modo está poniendo freno a un problema de gran actualidad. El trabajador que se encuentre amparado de esta forma por su organización se sentirá mucho más motivado día a día, pues sabe que su empresa vela por su futuro, y en una política de mejora continua sus ganas, iniciativa y esfuerzo siempre aumentarán. A esto debe añadirse el hecho de que el trabajador recibe una reducción en el porcentaje a retener para la Agencia Tributaria correspondiente al IRPF (Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas), por lo que las empresas que potencien a sus trabajadores con este sistema conseguirá de estos una motivación extra de cara a su trabajo diario y, por tanto, logrará aumentar su competitividad en el mercado por potenciación de los recursos humanos de los que dispone.

6.7. PROPUESTA DE MEJORA Nº 5

INSTALACIÓN DE UN SOFTWARE DE CONTROL DE PRODUCCIÓN: "LEAN MANAGER" Y MEJORA EN LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	
Situación actual	Sistema informático de gestión de producción anticuado. Bases de datos muy poco flexibles. Planificaciones de producción poco ajustadas a la fabricación. Falta de control en la documentación asociada al proceso productivo. Problemas por cuellos de botella (autoclave principalmente). Acumulación innecesaria de existencias tanto intermedias como de stock final (escaparate).
Desperdicios existentes	Desperdicio por sobreproducción / Desperdicio por exceso de inventario / Desperdicio por movimientos / Desperdicio por tiempos de espera / Desperdicio por transportes / Desperdicio de Recursos Humanos.
Áreas a las que afecta	Todas las áreas de producción y de calidad.
Situación deseable	Flexibilidad del sistema de gestión de la producción que permita adaptarse a la demanda en cada momento. Sistema informático Lean que permita un control en tiempo real de un modo muy intuitivo y visual de la producción así como de toda la documentación asociada. Redefinición de los procesos en torno a los cuellos de botella para evitar pérdidas de tiempo. Sistema de gestión de productos de stock final adaptado a la demanda. Conocimiento por parte de los operarios de las planificaciones diarias y los trabajos a realizar.
Herramientas de mejora	JIT / SMED / Kanban / Kaizen / Luces Andon.

Beneficios deseados	Eliminación de tiempos de valor no añadido y disminución del nivel de stocks, con la consecuente reducción de costes de almacenamiento y costes financieros debido a la inmovilización de productos.
Responsable/s	Responsable de producción.
Propietario	Gerente de la división de materiales compuestos.
Plazo de implantación	Establecimiento del plan genérico diario de producción inmediata. Instalación del software progresiva, previa formación interna (responsable de Lean Management) y externa (ingeniero de software). Implantación del nuevo sistema de producción una vez sea completamente funcional el nuevo sistema informático.

6.7.1. Introducción

Los sistemas básicos para planificar y controlar los procesos de producción en empresas constan todos ellos de las mismas etapas, si bien su implantación en una situación concreta depende de las particularidades de la misma. Pero todos ellos abordan el problema de la ordenación del flujo de todo tipo de materiales en la empresa para obtener los objetivos de producción de un modo eficiente:

- Ajustar los inventarios.
- Ajustar la capacidad.
- Ajustar la mano de obra.
- Ajustar los costes de producción, los plazos de fabricación y las cargas de trabajo en las distintas secciones a las necesidades de la producción.
- Evitar los excesos de inventarios que encubren gran parte de los problemas de producción existentes, así como las rigideces que

impiden la adecuación a los cambios continuos en el entorno en que actúa la empresa.

No obstante y a pesar de que existen múltiples sistemas de planificación, cada organización debe adaptarse a sus propias necesidades y a las características de su producción. Un sistema Lean debe facilitar a los encargados de producción la planificación y el control de los procesos de un modo intuitivo y visual, y, a ser posible, específicamente diseñado para su organización. Es por esto que en lugar de optar por teorías tradicionales en este aspecto, se propone el diseño de un sistema de planificación y control de la producción que abarcaría tanto a ingeniería de producción como a ingeniería de calidad, y que permitiría planificar y controlar los procesos en tiempo real, del modo recomendado para cualquier proceso Lean.

6.7.2. El software de planificación y control: "Lean Manager"

El primer paso propuesto para una completa redefinición y mejora de las actividades de planificación y control de la producción de materiales compuestos es el diseño e instalación de un software específico orientado hacia los procesos que se desarrollan en la planta que permita, de un modo totalmente visual, intuitivo y en definitiva Lean, un control sencillo y un seguimiento completo a todas las actividades implicadas en el proceso productivo. Se opta por el diseño de un programa en lugar de la adquisición de un paquete informático ya existente para que la empresa se adapte a un entorno de trabajo Lean propio. Un sistema tipo SAP resulta muy costoso, y no supone realmente ningún tipo de distinción respecto a la competencia. Se recomienda el diseño de un programa específico para el caso de esta planta por las características de su producción, de tipo manual en su gran mayoría, y porque de este modo las opciones del programa pueden adaptarse mucho mejor a las necesidades presentes. Existen muchos casos de empresas que instalan paquetes de software para únicamente utilizar algunas de sus

opciones, despilfarrando el resto de recursos por su no aplicabilidad en su campo o por su excesiva complejidad. Si el programa se diseña de acuerdo a las necesidades y a las mejoras que se van implantando, su versatilidad y su capacidad de respuesta de cara al personal serán mucho mayores que con un software de tipo general. Además a este hecho debe añadirse que en subsiguientes actualizaciones del programa podrán incluirse nuevos aspectos propios de la organización, manteniéndose un contacto directo entre los responsables de producción, calidad, etc. y los desarrolladores del programa (y por consiguiente de sus actualizaciones).

6.7.2.1. El proceso de diseño

"Lean Manager" es un software totalmente programable y desarrollable que permitiría extender las posibilidades de la función de producción en muchos sentidos. Para su diseño se requiere, una vez aprobada la propuesta, que los responsables de producción y de calidad actúen como ingenieros de análisis de software en colaboración con una subcontrata de programación (ingenieros informáticos). El primer documento de contacto entre ambas partes debe consistir en un "Análisis de Software", redactado por los responsables de la propuesta (habitualmente el responsable de producción es el que más participación tiene), consistente en una descripción no técnica de las cualidades principales que debe presentar el programa de acuerdo a las necesidades del proceso productivo, tanto a nivel de planificación y control de la producción (inventarios, operaciones, órdenes de producción, etc.) como a nivel de calidad (documentación, registros, HNC's, etc.). Un pre-análisis de este tipo se desarrollará en el punto siguiente como propuesta de partida del diseño. Posteriormente, el ingeniero informático asignado revisa dicho análisis y elabora una primera "Especificación de Software", de nivel técnico (informático), en la que se recogen las características del programa teniéndose en cuenta cómo va a programarse. A partir de entonces el contacto entre ambas partes debe ser

continuo, de modo que los ingenieros de software vayan adaptando la especificación a las necesidades del cliente. Mediante estos ciclos de perfeccionamiento del programa (que continúan más allá de la instalación a través del desarrollo de actualizaciones) se consigue llegar al paquete informático específico a instalar en los equipos informáticos de la planta, con la consecuente formación requerida (propuesta de mejora nº 1).

6.7.2.2. Pre-análisis de software

- La arquitectura del software será del tipo "cliente/servidor", en el cual un equipo principal (cliente). Este tipo de arquitectura es un modelo para el desarrollo de sistemas de información en el que las transacciones se dividen en procesos independientes que cooperan entre sí para intercambiar información, servicios o recursos. Se denomina cliente al proceso que inicia el diálogo o solicita los recursos y servidor al proceso que responde a las solicitudes. En este modelo las aplicaciones se dividen de forma que el servidor contiene la parte que debe ser compartida por varios usuarios, y en el cliente permanece sólo lo particular de cada usuario.
- Cada usuario dispondrá para su acceso de dos nombres de usuario, uno público y uno privado. El administrador del programa (recomendado el responsable de producción o de Lean Management) establecerá para cada usuario el nombre público, y cada cual podrá seleccionar su nombre privado según conveniencia. La única persona con acceso a todos los nombres de usuario será el administrador.
- El software deberá operar en condiciones normales a través de una red local, permitiendo en casos de necesidad y previa autorización del responsable de producción su funcionamiento a través de la red de Internet.

- El sistema efectuará regularmente copias de seguridad del servidor en dispositivos de almacenamiento ajenos al programa, de modo que pueda restablecerse el mismo ante algún tipo de problema informático.
- El programa presentará la misma interfaz y las mismas opciones de menú para todos los usuarios, con la salvedad de que dependiente de qué usuario esté logueado (conectado con sus dos nombres de usuario) las opciones disponibles para el mismo han de ser las pertinentes a su categoría (técnico de producción, calidad, jefe de taller/verificador, operario, etc.). El administrador será el responsable de la asignación de categorías.
- Un usuario podrá establecer un permiso especial temporal para su categoría a otro usuario a través de un sistema que le permita acceder a su información previo consentimiento y por un tiempo limitado.
- El software informático estará conectado a un sistema Andon, de modo que se emitan las señales oportunas para establecer colores de advertencia y seguimiento de la producción.
- La interfaz del programa será igualmente muy visual e intuitiva, dividida en todo momento por operaciones, y actuándose sobre los distintos parámetros de las mismas dependiendo de los permisos de acceso de categorías establecidos por el administrador.
- La interfaz estará orientada a una producción Lean desde que comienza la misma hasta que se produce el envío al cliente final. Todos los usuarios tendrán acceso de lectura a las actividades desarrolladas en la producción y a los estados en que se encuentran en cada momento las piezas.
- El sistema almacenará datos de carácter estadístico en tiempo real que permitan determinar tiempos de fabricación, Lead Times, tiempos de inventario, de carga de autoclave, etc.

- Los distintos P/N a fabricar serán el campo resaltado que identificará a las piezas, junto al nº de orden de producción y a la serie a la que pertenece la misma (caso de existir).
- Los documentos asociados al proceso productivo se enlazarán directamente a las operaciones a las que sean aplicables para cada pieza en concreto, de modo que se asegure la trazabilidad de las mismas.
- La interfaz principal se dividirá en 3 ventanas principales: piezas en cola (para producir), piezas en curso (produciéndose) y piezas terminadas (ya enviadas). En la ventana correspondiente a piezas en curso se aplicarán las distintas opciones disponibles para categoría definida.
- Debe contar con un sistema de comunicación instantánea entre usuarios logueados así como de avisos importantes a través del sistema de luces Andon.

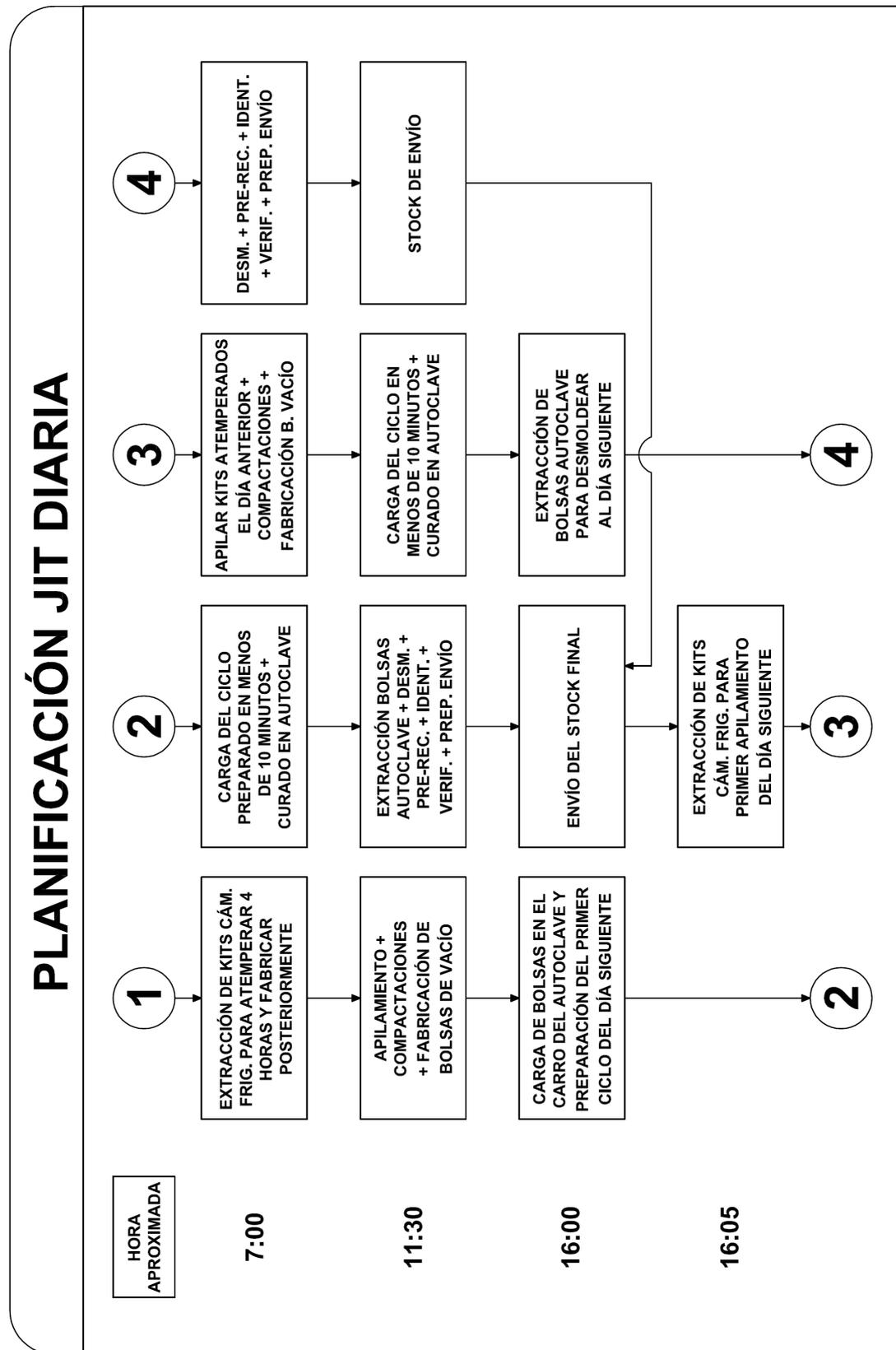
Una vez estudiada la propuesta por los responsables de la implantación deberán concretarse estos puntos y debatirlos con el equipo de desarrollo de software asignado para la elaboración de una primera especificación de software. En resumen, se propone un programa de interfaz sencilla y visual que permita planificar y controlar la producción a todos los usuarios implicados en ella (de producción y calidad, operarios, etc.), definiendo el orden de piezas a fabricar, asignando la documentación necesaria en tiempo real durante la fabricación en las operaciones que así lo requieran, que permita recopilar datos para posteriores análisis y estimaciones, y que sea capaz de dotar a la planificación de la fabricación de la flexibilidad necesaria para controlar todos los productos que se fabrican sin dudar en ningún instante sobre cuándo comenzó a producirse una pieza, en qué ciclo se curó, cuánto tiempo permaneció en inventarios, etc. Cuando se establezcan los plazos base de fabricación propuestos se propondrá un ejemplo concreto de la posible aplicación del software descrito hasta ahora.

6.7.3. Planificación diaria básica de producción

Hasta el momento se ha observado como la producción que se lleva a cabo en la planta no obedece a una planificación concreta, sino que cada día se van sucediendo las operaciones tal cual las requieren las piezas, sin tener claros unos plazos base de fabricación y unos tiempos de ajuste de recursos. Como consecuencia, la existencia de inventarios es inevitable, y además su repercusión al valor no añadido del producto final es la más significativa, tal como se desprende del análisis de VSM llevado a cabo en el capítulo anterior. A esto se le añade el hecho de que se trabaje en lotes de gran tamaño, lo que hace perder flexibilidad a la fabricación y crea cuellos de botella de gran importancia que retienen y retrasan la producción. El más significativo es el caso del autoclave: los ciclos no tienen una programación fija, sino que se llevan a cabo unos días varias veces, y otros una sola vez. El curado en autoclave supone el cuello de botella más importante del proceso ya que las piezas se acumulan a la entrada de dicha operación y, por la falta de planificación de la misma y la lenta preparación del equipo, presentan un importante freno a la producción.

Una vez esté instalado y operativo el nuevo software de planificación y control de producción, carece de sentido usarlo sólo como sustituto de las poco flexibles bases de datos de gestión actuales, sino que debe enfocarse hacia una mejora de la planificación de la producción, siempre en base a unos plazos de fabricación base que permitan al responsable de producción conocer en qué momento debe dar visto bueno al comienzo de la fabricación de un determinado elemento. Se propone la aplicación de las herramientas del Lean Management "JIT" y "SMED" para mejorar este aspecto, en el primer caso definiendo un plan diario de producción base del que deben disponer los operarios para adecuar su trabajo, y en el segundo buscando disminuir el impacto sobre la producción del cuello de botella que se produce en el autoclave al disminuir los tiempos de preparación de los ciclos.

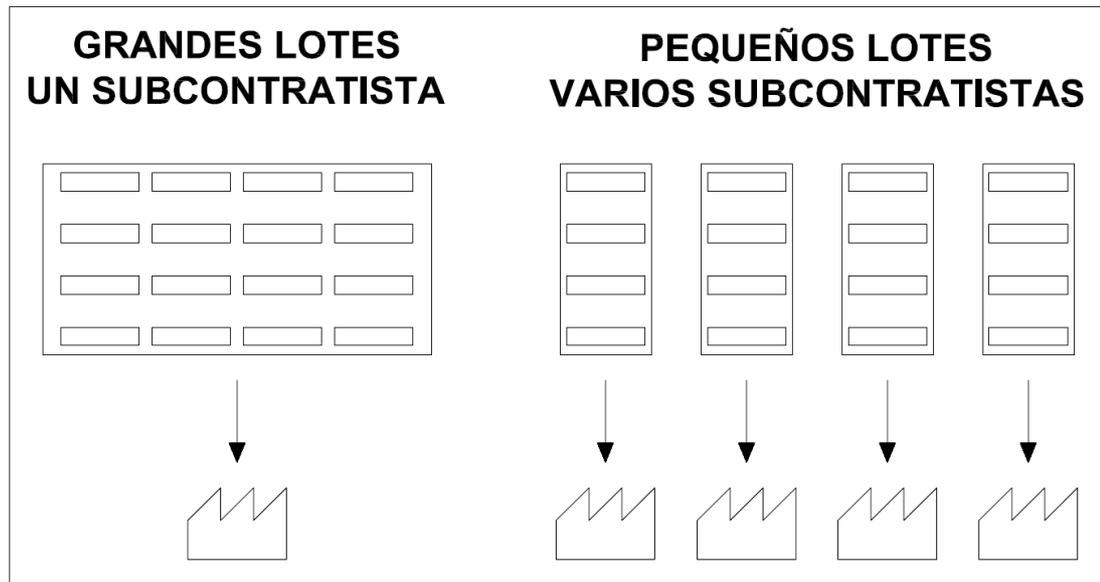
6.7.3.1. Planificación diaria en base al JIT



El responsable de producción será en última instancia el encargado de ajustar la producción al sistema JIT de modo que se disminuyan los niveles de stocks intermedios entre procesos. Con la propuesta presentada puede observarse como se ajustan las actividades habituales de la producción estudiadas en el capítulo 4 de modo que se consiga el objetivo de eliminar stocks. La propuesta requiere el establecimiento de nuevas políticas en la función de producción tales como:

- Disminución en los tamaños de los lotes de fabricación así como en los envíos, lo que permite eliminar tiempos de espera y agiliza la producción.
- Coordinación absoluta entre todas las actividades de producción que se desarrollan en la planta, para lo cual es necesaria la implicación de todo el personal en las nuevas planificaciones y el compromiso de todos para no sólo asegurar una producción rápida y ajustada a los tiempos JIT propuestos, sino que además se favorezca una mejor gestión de la documentación y una mejora de la trazabilidad de piezas.
- Necesidad de un sistema informático de control en tiempo real de las actividades de la producción de modo que se pueda continuar mejorando en función de los resultados que se van obteniendo; de ahí la importancia de un software como el "Lean Manager".
- Necesidad de agilizar procesos de verificación a través de un sistema eficiente e intuitivo.
- Alta velocidad en la preparación del ciclo de curado, principal cuello de botella del proceso. Se propone que se aplique la herramienta del Lean Management SMED para reducir estos tiempos (se verá posteriormente).
- Acuerdo con la empresa transportista para que se produzcan envíos diarios con posibilidad de diversos destinos.

- En caso de operaciones subcontratadas (como ocurre en el caso particular del A400M), tales como recanteo, pintura, ultrasonidos, etc., debe seguir trabajándose en lotes pequeños, previo acuerdo con los subcontratistas en cuestión. Un ejemplo de despilfarro que se produce por el trabajo en grandes lotes se da cuando deben enviarse una serie de barras a una operación subcontratada, por ejemplo a una inspección por ultrasonidos. Si se encuentran 5 barras en disposición de ser inspeccionadas, se dejan en stock hasta que se complete un lote de mayor tamaño (15 barras por ejemplo). Una vez completo el lote, se envían todas ellas a inspeccionar al mismo subcontratista, que de por sí incorporará al proceso sus tiempos muertos correspondientes. El tiempo transcurrido desde que las 5 primeras barras podían haberse enviado hasta que se reciben las 20 barras es muy elevado, y el porcentaje de valor añadido del mismo es casi nulo como consecuencia de los inventarios y los grandes lotes, además de estancarse la producción en ese punto. Aplicando la consideración JIT de "cero stocks" debe eliminarse esta forma de planificación de la producción, disminuirse el tamaño de los lotes y enviarse a inspeccionar las barras prácticamente sin esperas una vez terminada la operación previa, en lotes pequeños. Además, si existe la posibilidad deben enviarse a diversos subcontratistas, por lo que al haberse reducido el tamaño del lote y multiplicarse los subcontratistas los tiempos disminuirán drásticamente. Los beneficios como consecuencia de la disminución de stocks y de plazos de fabricación compensarán a los costes de envío, que por otra parte no supondrán una gran subida debido a que se normalmente para el transporte se tiene en cuenta el nº de elementos que se envían. Esta cuestión tan habitual en Lean Management y de tanta importancia que acaba de tratarse se muestra esquemáticamente en la página siguiente:



- Redefinición de la operativa de la preparación de envío y expedición de piezas analizada en punto 4.8.9.5 del capítulo 4 para agilizar el embalaje de piezas terminadas previo envío. La operación de preparación de envío y expedición, aunque simple en su ejecución, requiere una considerable cantidad de tiempo cuando el número de piezas a enviar es elevado. A la consecuente disminución de los tamaños de los lotes se propone adicionalmente un cambio en el método de embalaje que, previo acuerdo con el cliente, permita consumir un menor tiempo en su ejecución. El método será aplicable al envío de barras sin recantar tipo A340 (las piezas finales del A400M deberían seguir embalándose por el método descrito en el capítulo 4). Se utilizarán cajas de cartón de aproximadamente un metro de largo de una capacidad aproximada de 13 – 15 barras dependiendo del tamaño de las mismas. Su interior se forrará con papel de burbuja, y se colocarán las barras unas sobre otras separándose entre sí por capas de cartón ondulado para evitar que se produzcan daños. De este modo se garantiza la estanqueidad de las piezas en la caja, además de reducirse drásticamente el tiempo de embalaje.



Imágenes 98 y 99

Caja de cartón montada lista para embalaje y rollo de cartón ondulado para la protección de piezas en el interior de la caja junto con el papel burbuja



Imágenes 100 y 101

Barras del A340 en el interior de la caja de embalaje, protegidas con papel burbuja; cuando se complete una caja se precinta y se añade la orden de envío a la misma

- Adquisición de una máquina elevadora neumática de apoyo a las tareas de carga y descarga de carros con bolsas de vacío, debido a la complejidad y peligrosidad de hacerlo manualmente y de que se requiere solicitar ayuda de gran parte del personal de la planta para efectuar estas operaciones. Esta máquina puede observarse

en varias de las fotos presentadas en el capítulo 4 de análisis del proceso como consecuencia de su pronta adquisición en vista de las necesidades observadas (véase capítulo 4 punto 4.5.10.2).

- Redefinición de la política de registros de calidad, especialmente de registros de temperatura del interior de la cámara frigorífica. Estos registros se extraerán por parte de un encargado asignado a ello diariamente a prima hora, y calidad dará conformidad a los mismos lo antes posible para su introducción y asignación a las piezas relacionadas con ellos en sus correspondientes fichas de seguimiento del software “Lean Manager”. Hasta ahora esto se venía haciendo habitualmente de modo semanal (aunque en muchas ocasiones podían pasar muchos más días sin que se extrajeran registros de los equipos pertinentes). Se hace especial mención al registro de temperatura de la cámara frigorífica como consecuencia de la limitación de la vida de los materiales preimpregnados a temperatura ambiente ya comentada con anterioridad. Se propone disponer de datos actualizados diariamente y con conformidad de calidad para que puedan determinarse las horas de vida que le restan a un determinado kit de telas hasta que sea curado. Para la fibra de carbono, el tiempo máximo de vida en manejo es de 240 horas, y el máximo a temperatura ambiente es de 500 horas. Cuando se extrae un kit de la cámara frigorífica se inicia este “tiempo de pérdida de vida”, y se dispondrá de 240 horas hasta que se fabrique la bolsa de vacío; a partir de ahí se dispondrá del tiempo restante hasta las 240 horas más 260 horas hasta un total de 500 horas. No obstante, cuando se producen picos por subida de temperatura en el interior de la cámara frigorífica, deben añadirseles horas de exposición a todo el material que se encontraba en su interior durante ese tiempo, por lo que la necesidad diaria de este registro de temperatura resulta fundamental para asegurar los periodos de vida de los materiales.

Además, resulta más sencillo y rápido para calidad dar conformidad a una pequeñísima cantidad de registros diarios (aproximada unos 5 minutos) que hacerlo semanalmente o en un plazo aún mayor.

Todos estos cambios son necesarios si se desea trabajar en un entorno Lean con bajos inventarios en el que exista un flujo de productos continuo desde que entran las materias primas en el proceso hasta que salen las piezas terminadas con su correspondiente documentación.

6.7.3.2. Reducción de la preparación del autoclave por SMED

Normalmente el método SMED (estudiado en el anexo II de herramientas Lean) se utiliza en plantas que producen una gran variedad de productos en lotes pequeños para disminuir el tiempo que se pierde en las máquinas e instalaciones debido al cambio de utillaje necesario para pasar de producir un tipo de producto a otro. En vista de ello a priori no sería aplicable en la preparación del autoclave de la planta de composites, ya que no son necesarios cambios de utillaje en el autoclave dependiendo del tipo de producto a curar (se selecciona en el ordenador de control el tipo de ciclo de curado pero no existen cambios a nivel físico). No obstante, la preparación del carro de carga del autoclave es un proceso que requiere habitualmente más de 10 minutos, y ésta se produce en todo momento una vez se han extraído las piezas anteriormente curadas, nunca se prepara de modo que el cambio de piezas curadas por piezas a curar (más que de piezas debería hablarse de bolsas de vacío) se produzca en un tiempo pequeño, por lo que se propone la aplicación del SMED enfocado en este sentido de disminuir los tiempos de cambio a la entrada del autoclave.

Deben identificarse los principales tiempos de preparación interna (autoclave parado) y externa (autoclave en funcionamiento). Habitualmente

se espera a que se termine un ciclo y se extraigan las bolsas de vacío del interior del autoclave antes de comenzar a cargar las nuevas bolsas a curar en el interior de la sala limpia en el otro carro del autoclave. Este es claramente un tiempo de preparación interno que puede convertirse en externo, pues podría realizarse igualmente mientras el autoclave termina de curar en el ciclo anterior. Con el SMED se persigue la concienciación de los operarios que realizan la preparación del autoclave de que puede hacerse en mucho menos tiempo, y que el flujo de entrada/salida de bolsas de vacío al autoclave puede conseguirse de un modo continuo una vez comience a trabajarse de este modo.

Lo que se propone es que cuando se produzca la extracción de las bolsas curadas en un ciclo de autoclave, las siguientes ya se encuentren justo al lado del mismo y se introduzcan en el otro carro tal cual se extrae éste (se carga y preparación ya se habrá llevado a cabo de un modo externo). Se selecciona inmediatamente el ciclo (preparación interna) y comienza el nuevo proceso de curado.

No es posible como se ha visto aplicar completamente el método SMED, pero si la mejora de la carga del autoclave basada en algunas de sus etapas de transformación de actividades internas en externas. Con la implicación de todo el personal se conseguirán disminuir los tiempos así como se aliviará el cuello de botella que ese proceso supone. Con la premisa de la mejora continua, deberán perfeccionarse a medida que se vayan desarrollando tanto las actividades internas como las externas.

PROCEDIMIENTO ESTABLECIDO PARA "SMED":

- Estudio de la operación de cambio.
- Separar tareas internas y externas.
- Convertir tareas internas en externas.
- Perfeccionar las tareas internas y externas.

6.7.4. Ejemplo descriptivo del uso del "Lean Manager"

Se usará como ejemplo el proceso "1" de la planificación JIT diaria presentada con anterioridad y las etapas propuestas en las que estaría implicado el software "Lean Manager".

Al llegar a primera hora a la planta, un operario inicia sesión en el programa "Lean Manager", y comprueba los P/N de las "piezas en cola", que habrán sido cargados el día anterior por un técnico de producción y aprobados por el responsable, y los compara con las órdenes de producción en papel existentes en el buzón de entrada de la sala limpia, comprobando que igualmente se encuentran cerradas. Deberán extraerse pues los kits de telas correspondientes a esos P/N de la cámara frigorífica para su atemperamiento durante 4 horas. El operario seleccionará los P/N a extraer, e indicará al programa que va a proceder con la acción, de modo que queda registrado en el sistema. El operario extrae los kits y los coloca en la zona de atemperamiento de la sala limpia durante 4 horas (aproximadamente hasta que termine el primer ciclo de curado del día). A primera hora igualmente, un ingeniero de calidad extrae el registro correspondiente de temperatura en la cámara frigorífica, y le da conformidad al mismo. Caso de debérseles cargar horas adicionales de exposición al material por picos de temperatura, el ingeniero accede al "Lean Manager" y en la operación de extracción de kits introducirá las horas de sobrexposición. El sistema debe encargarse de justar los datos de que dispone para determinar el tiempo de vida restante en cada instante de cada kit basándose en los datos de que dispone (llegada del kit, extracción del kit de la cámara para atemperamiento, etc.). El registro de temperatura se enlaza desde el programa a la operación de extracción de kits. El resto de registros se enlazan con sus operaciones correspondientes (temperatura, humedad y sobrepresión de sala limpia con el apilado, registros de autoclave y registros de presión de termopares con el curado, etc.) en el momento en que se extraigan. Con el resto de la documentación

se trabaja de un modo similar (órdenes de envío, certificados de conformidad, etc.).

Una vez terminado el atemperamiento, el operario indica al programa el fin de la operación. Cuando se requiera una verificación por parte del jefe de taller, el operario que esté fabricando el P/N indicará a través del programa que se solicita al verificador en la sala limpia (caso de que no esté allí), con lo que los sistema Andon distribuidos por la planta indicarán mediante un código y un color la necesidad del mismo, de modo que el verificador vea claramente donde se encuentre el aviso y pueda acudir lo antes posible a efectuar la verificación. Del mismo modo podrán colocarse avisos Andon para otras personas, ingenieros de producción, calidad, etc., lo importante es que se defina un código para cada cual, posiblemente acompañado de un color determinada para avisos de personal. Se recomienda que se use el color rojo para avisos relacionados con problemas en la producción, el verde para avisos relacionados con el desarrollo normal de la misma (aviso del verificador, necesidad de aprovisionamiento de algún material, etc.), y el ámbar para otro tipo de cuestiones de menor prioridad. No obstante caso de aprobarse la propuesta, los sistemas Andon deben diseñarse junto con el software y tenerse muy presente que pueden proveer a la producción de una enorme capacidad visual y de una comunicación mucho más fluida, si se consigue la implicación de todo el personal. Estas luces Andon deben situarse en al menos dos puntos, siendo recomendable contar con tres de ellas, una en la sala limpia, otra en el área de autoclave/recanteo/desmoldeo, y otra en la zona de ingeniería/expediciones.

De este modo, la producción transcurre de forma que cada persona implicada va completando sus registros correspondientes en el "Lean Manager" en tiempo real. El sistema recopila datos para futuros estudios estadísticos, y un ingeniero puede ver sin necesidad de bajar a la zona de producción el estado en que se encuentran determinadas piezas de un

simple vistazo y con un sencillo código de colores, si están en stock, si se están curando y en qué ciclo, junto a qué piezas, cuánto tiempo tardó en apilarse, qué tiempo de vida le queda (si este se sobrepasa el sistema emitiría un aviso respecto al nº de orden de producción de modo que todo el que accediera supiera que había excedido el tiempo límite), si es una pieza conforme o tiene adscrita alguna HNC, etc. De este modo, el sistema se controla en tiempo real con la participación de todos, de un modo visual e intuitivo. Cuando las piezas se envíen al cliente, dejarán la sección del programa de "piezas en curso" y pasarán a "piezas terminadas". Se dispondrá de una base de datos versátil en la que se podrá consultar cuándo comenzó a fabricarse una pieza, que día se curó, que tiempo de vida le quedaba en ese momento, quién la apiló, cuánto se tardó en hacerlo, etc.

El programa puede presentar muchas más funcionalidad, pero su objetivo debe estar encaminado en todo momento a lograr una producción más eficiente y con menos esperas, mejor comunicación y un flujo continuo. Además, para estudios posteriores de mejoras similares al presente proyecto, se dispondrá de todos los datos necesarios sin necesidad del periodo de análisis in situ que debió llevarse a cabo. Todos estos aspectos deben tenerse muy en cuenta durante el diseño del programa junto al ingeniero de software encargado del mismo, así como tener muy presente la importancia de disponer de una planificación similar a la que se ha presentado en base al JIT.

6.7.5. Implantación de un sistema Kanban para los productos con demanda de stock final

En el análisis de la planificación de la producción llevado a cabo en el capítulo anterior se observó como existían principalmente tres tipos de demanda en la planta, y que una de ellas era la de productos cuyo objetivo era un stock final de escaparate (especialmente productos VIP).

En vista de que se pretende trabajar en un sistema de producción descentralizado, se propone la implantación de un sistema de tarjetas Kanban para gestionar este tipo de productos, por lo que se pasaría de trabajar de un modo "push" (centralizado, la demanda "empuja" a la producción) a un modo mucho más Lean "pull" (descentralizado, la demanda "tira" de la producción). En el anexo II de herramientas Lean se describe con más detalles la herramienta en cuestión.

El sistema Kanban conllevaría la creación de un "supermarket" para este tipo de productos, y la necesidad de planificarlo y adecuar las tarjetas de producción y de movimiento que van a usarse. Se recomienda diferenciar las tarjetas no sólo por el título sino también por colores, de modo que las tarjetas de color rojo sean "Kanbans de Producción", y las de color azul sean "Kanbans de Transporte". Las tarjetas deben estar perfectamente etiquetadas de modo que no se confundan con ninguna otra herramienta similar diferenciada por colores (no confundir el rojo de una tarjeta de producción con el rojo que indica en una luz Andon una anomalía del proceso productivo).

KANBAN DE PRODUCCIÓN	KANBAN DE TRANSPORTE																
<p>CENTRO DE TRABAJO</p> <p>PART NUMBER A PRODUCIR</p> <p>UBICACIÓN</p> <p>CAPACIDAD DEL CONTENEDOR</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>MATERIALES REQUERIDOS - P/N</p> <p>UBICACIÓN</p>									<p>CÓDIGO DE MATERIAL</p> <p>NOMBRE DEL ARTÍCULO</p> <p>TAMAÑO DE LOTE</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>PROCESO PRECEDENTE</p> <p>PROCESO SUBSECUENTE</p>								

El funcionamiento del sistema sería el siguiente: cuando se retiren objetos VIP del stock final de productos listos para venta (escaparate) comienza el proceso de "supermarket". En vista de la cantidad de objetos que ha sido retirada (comprada, obsequiada, etc.), se coloca una tarjeta de producción debidamente cumplimentada con los datos necesarios en el "output" del proceso anterior. Esta sección (o subcontrata caso de ser así) fabricará tanto productos como indique la tarjeta para su cliente (el proceso siguiente) usando sus "inputs" (materias primas). Como consecuencia de esta fabricación, este proceso necesitará igualmente reabastecerse de "inputs", por lo que se rellenará debidamente una tarjeta de transporte y la llevará a su proveedor (proceso anterior). Esta tarjeta la adosa a un contenedor de los productos que necesita en su proceso, deposita la tarjeta de producción debidamente cumplimentada en la zona destinada a dicho efecto y se lleva el contenedor a su sección con su tarjeta de transporte. El ciclo continua de esta forma, de modo que la demanda "tira" de la producción, dando lugar a un stock final de escaparate donde se van reponiendo gradualmente los productos que van siendo retirados. Este sistema de planificación de la producción es válido para este tipo de piezas por sus similitudes entre sí y porque su objetivo final no es el envío a un cliente, sino un stock.

Se recomienda trabajar mediante contenedores (pueden ser cajas) para los productos de la línea VIP en todas sus etapas de producción. Para evitar desperdicios de materiales, estos productos se fabricaran con retales de material prepeg. dentro de su periodo de vida. Normalmente son productos fabricados en fibra de carbono (tejido).

Algunos de los beneficios que pueden lograrse con esta propuesta son: reducción de inventarios y de desperdicios, mayor flexibilidad de la producción de estas piezas, reducción de costes de almacenamiento, etc.

6.8. PROPUESTA DE MEJORA Nº 6

MEJORA DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN	
Situación actual	Flujo de comunicación insuficiente y de mala calidad que da lugar a desconocimientos por parte del personal de las actividades que se llevan a cabo en otros departamentos. Problemas en la comunicación entre los jefes y sus empleados motivados en parte por la estructura organizativa vertical ya estudiada (propuesta nº 2). Ausencia de un sistema fijo de sugerencias y opiniones para todo el personal debidamente implantado.
Desperdicios existentes	Todos los desperdicios de la filosofía Lean.
Áreas a las que afecta	Toda la organización.
Situación deseable	Sistema de comunicación flexible que permita a todo el personal expresar sus opiniones y sugerencias de un modo formal, además de facilitar el flujo de información tanto inter como intradepartamental que permita que todo el mundo conozca los proyectos y actividades que se llevan a cabo en todas las áreas de la organización.
Herramientas de mejora	El Factor Humano / Kaizen / Tableros de información.
Beneficios deseados	Mayor implicación del personal en la mejora continua, participando a través de un sistema de opiniones y sugerencias fiable y de repercusión, así como una mayor identificación con los objetivos globales al conocer cuáles son en todos los departamentos y cómo se persiguen en cada uno de ellos.

Responsable/s	Responsable de Recursos Humanos.
Propietario	Gerente de la división de materiales compuestos.
Plazo de implantación	Una vez sea funcional el software "Lean Manager". En los inicios el sistema de sugerencias se basará en correos electrónicos con acuse de recibo.

6.8.1. Introducción

Un aspecto fundamental para que los trabajadores se sientan motivados e identificados con la organización a la que pertenecen es que se tengan en cuenta sus opiniones, sus consejos, lo que en definitiva piensan sobre cómo se desarrollan las actividades en la planta, ya que ellos son los que más conocimiento tienen del mismo.

Además, es fundamental que la comunicación entre todas las personas de la empresa se realice de un modo correcto, y que las informaciones sobre las actividades que se llevan a cabo en todas las áreas están disponibles para todos. Un trabajador del área de producción debe saber a qué se dedican los del área de prevención de riesgos laborales, I+D+i, calidad, aprovisionamiento, etc., de modo que sepa en todo momento a quién acudir para resolver un determinado problema. Del mismo modo se sentirá más valorado por su empresa si se le dan a conocer esas informaciones sobre proyectos que se desarrollan, demostrándole que se cuenta con él para alcanzar los objetivos que se persiguen.

6.8.2. Nuevo sistema de sugerencias

En vista de que actualmente el método por el que el personal (especialmente los operarios) expresa sus opiniones es totalmente informal e inadecuado, ya que no queda constancia de ello ni reciben una respuesta o comentario concreto al respecto, se propone la creación de un sistema de

sugerencias procedimentado que subsane este problema. El sistema se dividirá en dos etapas de funcionamiento en función del grado de implantación logrado del software "Lean Manager".

1º) En un principio y debido a que el "Lean Manager" necesita un cierto tiempo para consolidarse en la organización, se propone que no se espere hasta este hecho para implantar el sistema de sugerencias, sino que se comience por uno temporal hasta que el software sea 100 % operativo. Con esta acción los trabajadores verán que este es un tema al que se le da gran importancia en la empresa y que no piensan esperar para comenzar a implantarlo y hacerlo operativo para que puedan empezar a participar. De este modo el personal ve como se quiere contar con su participación desde un principio.

El sistema de sugerencias temporal tendrá un responsable asignado (se recomienda que sea el responsable de calidad), que será el encargado de gestionarlo y analizar todos los comentarios que se reciban. Todo el personal de la planta cuenta con una dirección corporativa de correo electrónico, de modo que el sistema temporal comenzará a funcionar a través de esta vía. Se establecerá una dirección de correo electrónico específica para el sistema de sugerencias, y se comunicará a todo el personal. La única persona con acceso será en principio el responsable de calidad. A esta dirección podrán enviarse todo tipo de comentarios, ya sean sugerencias, dudas, reclamaciones, etc., debidamente redactadas y dándose la información necesaria para su comprensión. Los correos se enviarán firmados digitalmente por el emisor y con acuse de recibo. Cuando el encargado del sistema los lea, enviará la notificación de lectura a la persona en cuestión, que deberá mantenerse en su bandeja de entrada como constancia de la recepción de su sugerencia.

El responsable del sistema será el encargado de analizar las propuestas y hacérselas llegar a la persona correspondiente para su consideración. A su vez, realizará un informe semanalmente con la siguiente información, resaltando las nuevas propuestas de la última semana:

- Propuestas sin respuesta: todas aquellas sobre las que los responsables a los que iban dirigidas no se han pronunciado al respecto.
- Propuestas con respuesta: todas aquellas que ya han recibido algún tipo de respuesta y que por tanto se consideran como cerradas.

Cada propuesta incluirá la fecha en que se envió el correo electrónico inicial, la de lectura por parte del responsable del sistema, la de lectura por parte del responsable al que iba dirigida, y la de respuesta caso de existir la misma; así como las personas implicadas.

El responsable enviará semanalmente una copia del informe por correo electrónico a todo el personal de la empresa. Cuando una sugerencia se cierre (reciba respuesta), se elimina del informe y se incorpora a un archivo dividido en "propuestas en curso" (aprobadas y que van a llevarse a cabo o solucionarse), "propuestas descartadas" (no van a llevarse a cabo), y "propuestas implantadas" (cuando dejan de ser propuestas en curso). En la respuesta a la propuesta, los responsables deberán dejar clara esta cuestión para que no haya lugar a dudas, así como el plazo de implantación en el caso de que vaya a realizarse.

El informe contendrá semanalmente una sección dedicada a otros tipos de comentarios (por ejemplo felicitaciones, consejos, opiniones, etc.), en la que sólo se incluirán los nuevos que se produzcan cada semana, no repitiéndose los antiguos ya que por defecto se entiende que este tipo de

comentarios no requieren respuesta. Todo correo electrónico que se envíe a la dirección de sugerencias en cuyo asunto no se especifique que se trata de una sugerencia, petición o propuesta será tratado en este grupo.

De este modo todo el personal podrá comprobar semanalmente el estado de las sugerencias que se han efectuado, cuáles se han aprobado, cuáles no, etc. Es por tanto de vital importancia la participación de todos en este sistema de mejora continua, de lo contrario carece de sentido su implantación.

2º) Una vez operativo el software "Lean Manager", la gestión de las sugerencias y comentarios podría hacerse a través del propio programa, de un modo similar al descrito anteriormente pero eliminando la vía correo electrónico. En el diseño del programa puede tenerse en cuenta esta cuestión y plantearlo de modo que se puedan emitir sugerencias, respuestas a la mismas, ver cuáles aún no la han recibido, etc. El programa debe presentar una opción para el responsable de calidad que le permita extraer un informe similar al que debía realizar cuando el sistema funcionaba vía correo electrónico. El informe debe seguir enviándose del mismo modo a todo el personal semanalmente.

El sistema será mucho más eficiente a través del un software de este tipo, pues se agiliza la gestión de los comentarios del personal. A pesar de que realmente esta mejora se propone una vez sea operativo el mismo tal como se indicó en la secuenciación de propuestas de mejora, el sistema por correo planteado en primer lugar es una muy buena opción a desarrollar paralelamente a propuestas anteriores, a pesar de no ser en sí mismo una implantación Lean, pero los objetivos que persigue si lo son, por lo que en este caso se recomienda que se comience a utilizar como sistema de sugerencias al mismo tiempo en que va consolidándose el programa.

6.8.3. Gestión de los tableros de información

Se ha comentado la necesidad de que el personal de la planta conozca las actividades que se desarrollan en la misma, los objetivos que se persiguen, los plazos, las responsabilidades de cada área, etc. para conseguir su implicación y motivación. La falta de información entre departamentos puede corregirse disponiendo una serie de tableros de información múltiples en distintas zonas de la planta. No deben situarse de modo que los objetivos de calidad se encuentren cerca de los ingenieros de calidad, los de producción en las zonas de producción, I+D+i en otro área, etc., sino que se recomienda que sean tableros multiáreas, que no contengan grandes cantidades de información, sino sólo la más relevante en cada caso. De este modo un tablero estará formado por diversas áreas, de modo que de un simple vistazo una persona puede conocer a grandes rasgos los objetivos de la empresa en todos sus ámbitos. Cada área o departamento será el encargado de la actualización continua (de nuevo es necesaria la implicación de todo el personal para que la medida surta efecto) de su sección en los diversos tableros, del mismo modo que podrán convocarse pequeñas reuniones de corta duración en la que se describan los nuevos objetivos, los avances y logros conseguidos, etc. en cuestión de calidad, producción, proyectos y otras áreas al resto del personal.

A esta mejora de la comunicación también contribuye el software "Lean Manager" a través del sistema de planificación de la producción estudiado en la propuesta anterior, de modo que a través de la coordinación del programa con los sistemas Andon puedan comunicarse distintos aspectos del proceso productivo de un modo visual, fácil y directo. Todas estas cuestiones deberán ser estudiadas previamente a su implantación y en última instancia serán los responsables correspondientes los encargados de definir cómo se llevará a cabo cada mejora caso de que sea aprobada.

6.9. PROPUESTA DE MEJORA Nº 7

SISTEMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	
Situación actual	Existencia de un mantenimiento únicamente correctivo. Ausencia de un departamento de mantenimiento definido.
Desperdicios existentes	Desperdicio por tiempos de espera / Desperdicio por reparación/rechazo de productos defectuosos.
Áreas a las que afecta	Toda la planta de producción.
Situación deseable	Departamento de mantenimiento totalmente operativo con sus objetivos bien definidos así como sus responsables, que permita la implantación de un sistema de mantenimiento TPM (Total Productive Maintenance).
Herramientas de mejora	TPM / Kaizen / Housekeeping.
Beneficios deseados	Eliminación de las grandes pérdidas de tiempo que se producen como consecuencia de que los equipos no están disponibles cuando se necesitan por la existencia de un mantenimiento correctivo, así como mejora de la función de producción gracias a una implantación de un sistema de mantenimiento en el que participen todas las personas que trabajan en el proceso (TPM).
Responsable/s	Director general.
Propietario	Director general.
Plazo de implantación	Estudio de su viabilidad inmediato, así como formación definida del departamento progresiva. Implantación del TPM una vez se hayan completado las mejoras previas.

6.9.1. Introducción

El mantenimiento es una estrategia de competitividad de la empresa, a pesar de que la tendencia general es que sólo trae como consecuencia gastos que podrían evitarse. Hasta hace relativamente poco tiempo las empresas se conformaban con disponer de un sistema de mantenimiento correctivo para subsanar los problemas que se producían en la producción, no obstante se ha comprobado como las pérdidas de tiempo que se producen como consecuencia de ello son enormes, ya que dan lugar a paradas de la producción, lo que en definitiva no son más que sumideros de capital de todo tipo.

La maquinaria, equipos, herramientas e instalaciones son recursos de la empresa. A lo largo del proyecto se viene buscando elevar la eficiencia de la producción mediante una redefinición en las actividades de gestión de la misma. En vista de la ausencia de un departamento de mantenimiento, y de que únicamente se lleva a cabo a través de la vía correctiva, se hace necesaria una propuesta dedicada a mejorar la gestión de esta actividad que tantos beneficios puede reportar para la organización.

La adecuada gestión del mantenimiento hace referencia a la elaboración de un plan de mantenimiento para el proceso llevado a estudio. Se pretende la implantación de un Mantenimiento Productivo Total (TPM, anexo II), el cual crea una infraestructura sólida de mantenimiento, ya que no se deja nada al libre albedrío, todo queda bajo control y en base a procedimientos normalizados; con todos los beneficios que para la empresa ello conlleva. La característica más destacable de este sistema de mantenimiento y por la que es adecuado en este caso, es que incorpora parte de la función de mantenimiento a la función de producción.

En un sistema TPM no tendrá cabida la concepción de un mantenimiento únicamente correctivo que solucione los fallos y averías después de que se produzcan, con la consiguiente pérdida de recursos. Es de vital importancia que los dirigentes dejen de plantearse la función de mantenimiento como algo que resulta costoso e ineficiente.

6.9.2. Creación del departamento de mantenimiento

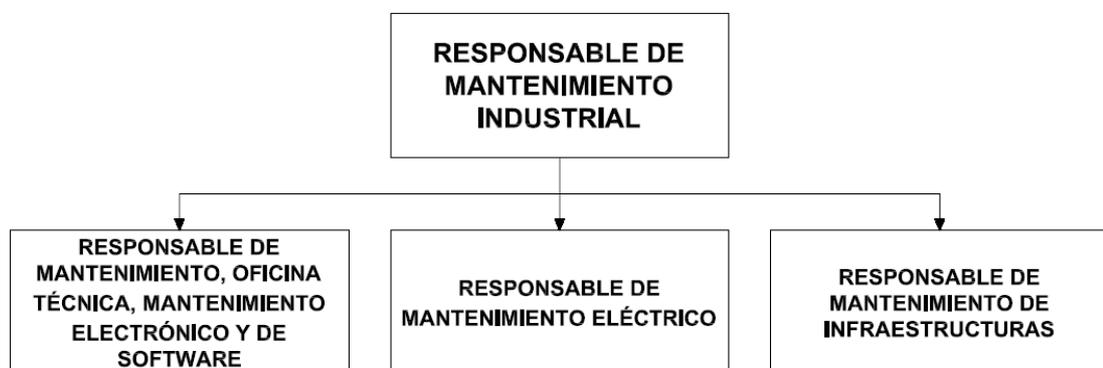
El primer paso necesario para la implantación de un sistema de gestión del mantenimiento TPM es la aparición de un departamento específico dedicado al mantenimiento, inexistente actualmente. Las etapas propuestas para ello son las siguientes:

1º) ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Determinación del estado en que se encuentra la organización con respecto al mantenimiento. Se ha llevado a cabo en el capítulo anterior de este proyecto.

2º) DEFINIR UNA POLÍTICA DE MANTENIMIENTO

Definir un departamento de mantenimiento en el organigrama de la empresa encargado de gestionar todo lo que le concierne. El organigrama del departamento podría tener la siguiente forma:



El *responsable de mantenimiento industrial* sería la persona que liderara al equipo de mantenimiento. Éste, a su vez, tendría un cargo superior al cual debería dar explicaciones de sus acciones. Este cargo superior es el encargado de todo lo relacionado con los departamentos que dan servicio a la producción en planta, es decir, dota de todo lo necesario a producción para que se cumplan los plazos y compromisos adquiridos; por lo que es un cargo relacionado estrechamente con la cúpula directiva. En este caso podría ser el Director de Operaciones.

La dirección debería tener como principal directriz la producción, es decir, deben concebir los medios productivos con disponibilidad total. En base a esta premisa, del departamento de mantenimiento debería tan sólo proporcionar los medios necesarios y emprender las acciones pertinentes para que esta disponibilidad sea la mayor posible, a costa de programar y planificar los diferentes trabajos de mantenimiento en periodos donde las interferencias con la producción sean menores.

Algunas de las tareas a desempeñar por el responsable de mantenimiento deberían ser las siguientes:

- Presupuestar el mantenimiento para un periodo de un año.
- Cargar los costes de mantenimiento a las distintas cuentas de la empresa.
- Asistir a las reuniones organizativas de la planta.
- Asesorar y dirigir al resto del equipo de mantenimiento. Se hablará de equipo si se lleva a cambio el cambio organizacional propuesto en la mejora nº 2, sino se hablará de departamento; aunque en esencia sus objetivos son los mismos.

6.9.3. Implantación del TPM

Una vez tratada la necesidad de aparición de unos responsables de mantenimiento, debe tratarse cuál debe ser la política de mantenimiento a seguir en la planta de composites. Desde esta perspectiva, se aconseja la implantación de un TPM, sistema basado en dos objetivos básicos:

- Mejorar la tasa de funcionamiento efectivo y la fiabilidad de las máquinas y equipos.
- Involucrar y aumentar la motivación de las personas que trabajan con las máquinas en la conservación de las mismas.

Lo que se pretende con el TPM es, como con el resto de mejoras propuesta en el proyecto, conseguir introducir la función de mantenimiento directamente en la función de producción, de modo que todos los trabajadores del procesos productivo sean los primeros en realizar el mantenimiento a los equipos con los que trabajan diariamente. Al ser ellos los que más en contacto están con las máquinas, herramientas, equipos e instalaciones, son los que mejor conocer su funcionamiento, y podrán detectar anomalías con muchísima mayor facilidad y rapidez (eficiencia en definitiva) que cualquier otra persona. El TPM persigue hacer partícipes a todos del mantenimiento, y no como algo relegado a las "brigadas de mantenimiento".

Se propone pues que exista una interacción directa entre los trabajadores y los responsables del mantenimiento, así como con las propias brigadas; de modo que cada cual colabore a mantener en perfecto estado los equipos con los que trabaja. Es por ello que también se incluye en esta propuesta el Housekeeping como herramienta de mejora, ya que como se analizó en su momento, pueden descubrirse muchos problemas en las máquinas y equipos mientras se limpian. Los operarios deberán ordenar,

engrasar, limpiar, etc. para evitar deterioros; y las brigadas les instruirán y ayudarán en todo lo necesario para que puedan desarrollar dicha función, además de inspeccionar, desmontar, ajustar, etc. los equipos que así lo requieran.

Dentro del TPM debe definirse cuál será la política del mantenimiento de las instalaciones. En este caso y debido a la actual existencia de un mantenimiento correctivo, se propone que se trabaje con un enfoque hacia un *mantenimiento planificado*, compuesto por una parte predictiva y una preventiva. En aquellos casos en que sea estrictamente necesario, el mantenimiento correctivo seguirá llevándose a cabo, pero al implantarse esta mejora su actuación disminuirá drásticamente.

La parte predictiva del mantenimiento planificado que se pretende alcanzar con el sistema de TPM está basada en el concepto de mantenimiento según estado o síntomas, de modo que al formar parte de un TPM, las intervenciones sobre los equipos no dependen ya del tiempo de funcionamiento, sino de las condiciones efectivas de ese equipo o de sus componentes. Si el TPM funciona correctamente (de lo que debe encargarse el responsable del mantenimiento), todas las personas que trabajen diariamente con los equipos participarán en la sección predictiva del mantenimiento planificado. Los operarios, que son los que mejor conocen los equipos y su funcionamiento normal pues son ellos los que trabajan diariamente con ellos deberán observar continua y periódicamente los mismos, detectando posibles averías según síntomas presentados por la máquina (un ruido extraño por ejemplo), antes de que se presenten de forma catastrófica y den lugar a muchos más problemas. Todo el personal será pues responsable de no sólo manejar los equipos, sino también de ver cómo funcionan para poder detectar estos síntomas y aplicar el mantenimiento predictivo que se ha comentado.

La parte preventiva del mantenimiento planificado debe planearse y planificarse en mayor medida. Para establecerla con éxito deben tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Recoger toda la información histórica posible de tiempo de paro de las máquinas, para poder establecer bases con las que se puedan comparar los beneficios del programa a desarrollar.
- Realizar un examen detallado de todos los equipos para determinar los siguientes aspectos:
 - Qué equipos requieren tanto mantenimiento correctivo programado, que justifiquen más bien su reemplazo u obsolescencia.
 - Qué equipos formarán parte del programa inicial de mantenimiento preventivo.
 - Qué trabajos se deben efectuar.
 - Cuál sería el coste del mantenimiento correcto programado para los equipos seleccionados.
 - Cuál sería el tiempo y las necesidades de personal para realizar el correctivo programado y el preventivo programado.
- Realizar mantenimiento correctivo programado inicial a los equipos seleccionados, para que una vez iniciado el programa preventivo, no comiencen a fallar inesperadamente y alteren totalmente las frecuencias y fechas programadas para los trabajos.
- Establecer costes separados del programa de actualización de equipos o mantenimiento correcto programa inicial.
- Dar un nº de identificación a todos los equipos de la planta, de acuerdo a unas normas previamente establecidas.
- Seleccionar los equipos que entrarán en el programa de mantenimiento preventivo, dejando el resto de equipos con la

forma tradicional de mantenimiento que se esté llevando hasta ese momento junto a la parte predictiva del mantenimiento planificado.

- Diseñar los formatos de ficha técnica, órdenes de trabajo, hojas de vida, formato de cómo realizar una inspección, de programación de inspecciones, lubricación, calibraciones, etc.
- Realizar un programa inicial de frecuencias y fechas calendario para las actividades repetitivas de mantenimiento preventivo para los equipos seleccionados, de unos 6 meses de duración, al final de los cuales se evaluarán los resultados del programa en base al histórico de paros de los equipos recopilado en el primer punto, para introducir las correcciones necesarias, o para incluir nuevos equipos.

Los equipos que deberán incluirse en principio en la parte preventiva del sistema de mantenimiento serían los siguientes:

- Equipos críticos del proceso, los cuales si se detienen pueden causar grandes pérdidas al detenerse toda la línea de producción o pueden dañar una gran cantidad de producto (el autoclave es un claro ejemplo de equipo de este tipo).
- Equipos básicos de servicios que presenten más fallos.
- Equipos cuyos fallos pueden poner en peligro a las personas.

La determinación de qué debe inspeccionarse, con qué frecuencia, cómo debe hacerse, etc. son cuestiones de gran importancia para las cuales no existe un procedimiento fijo, por lo que se proponen los siguientes puntos de carácter general:

- Recopilación de información técnica de calidad sobre todos los equipos, contactando con los proveedores si es necesario o con otras empresas que posean equipos similares.

- Revisar los partes y órdenes de trabajo asociadas a los equipos (correctivas en su mayoría) para ver cuáles son los puntos más susceptibles de dar problemas.
- Consultar con el personal técnico de la empresa que más conocimiento y experiencia posea al respecto.
- Emplear el sentido común para incluir los puntos de más desgaste mecánico o con mayor tiempo de funcionamiento.

Con una buena planificación y desarrollo de estas cuestiones por el equipo/departamento de mantenimiento podrá lograrse una simbiosis entre las acciones correctiva, preventiva y predictiva que, junto al progresivo establecimiento del TPM y la implicación de todo el personal de producción en el mantenimiento, logrará convertir a esta función en un arma fundamental de competitividad de la empresa que además será un apoyo vital a la función de producción, en la que se encontrará totalmente inmersa.

6.9.4. Planificación de mantenimiento propuesta para distintos equipos de la planta de composites

En vista de la necesidad de establecer unas planificaciones del mantenimiento de los equipos para que el sistema de gestión del mantenimiento sea eficiente, se muestran a continuación las correspondientes a tres equipos que dieron problemas (recogidos como desperdicios en el diagrama de Pareto del capítulo anterior) y, por tanto, requirieron acciones correctivas.

- Bomba de vacío de la sala limpia.
- Carretilla elevadora neumática.
- Autoclave.

PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA BOMBA DE VACÍO DE LA SALA LIMPIA							
DATOS DEL EQUIPO	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	FRECUEN.	FECHA	DURA. (h)	PROX. FEC	PERSONAL	
Elmo Rietschle Tipo VC 75 70 m ³ / h Inicio funcion.: 02/2007	Comprobación nivel aceite	Diario	Cada día	0.08	Cada día	Plantilla	
	Sustitución de aceite	Anual	16/02/2008	0.50	16/02/2009	Plantilla	
	Limpieza filtro de aspiración	Bimensual	07/05/2007	0.50	07/06/2007	Plantilla	
	Sustitución filtro de aspiración	Anual	16/02/2007	0.50	16/02/2009	Plantilla	
	Limpieza filtros lastre de gas	Trimestral	16/02/2007	1.00	16/05/2007	Plantilla	
	Sustitución filtros separador aire/aceite	Anual	16/02/2007	1.00	16/02/2008	Plantilla	
	Comprobación aislamiento motor	Anual	16/02/2007	0.25	16/02/2008	Subcontrata	
	Comprobación vacuostato	Trimestral	07/05/2007	0.50	07/08/2007	Plantilla	
	Circuitos de vacío de la sala limpia	Comprobación de estanqueidad líneas	Semestral	08/05/2007	1.00	08/11/2007	Plantilla

PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA CARRETILLA ELEVADORA						
DATOS DEL EQUIPO	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	FRECUEN.	FECHA	DURA. (h)	PROX. FEC	PERSONAL
Armani / Tipo Alfa Small 12V55-16 / Antigüedad 12/2006	Revisión de cadenas de elevación	Trimestral	08/05/2007	0.25	08/08/2007	Plantilla
	Sustitución de cadenas	Bianual	08/05/2007	1.00	12/12/2008	Plantilla
	Revisión de poleas y de fijación de cadenas	Trimestral	08/05/2007	0.50	08/08/2007	Plantilla
	Revisión de pivotes y tirante	Trimestral	08/05/2007	0.50	08/08/2007	Plantilla
	Sustitución de pivotes, polea y tirante	Bianual	08/05/2007	1.00	12/12/2008	Plantilla
	Revisión de estanqueidad de cilindro y tuberías hidráulicas	Bimensual	08/05/2007	0.50	08/08/2007	Plantilla
	Comprobación de tuercas y tornillos de ruedas y de sistema de elevación	Bimensual	08/05/2007	0.50	08/08/2007	Plantilla
	Engrase general (montante, cadena y polea)	Bimensual	08/05/2007	0.50	08/08/2007	Plantilla

PLAN DE MANTENIMIENTO DEL AUTOCLAVE						
DATOS DEL EQUIPO	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	FRECUEN.	FECHA	DURA.	PRÓX. FEC	PERSONAL
Scholtz / Tipo 43810 / Potencia 113 kW / Presión 15 bar / Temperatura 200 °C	Limpieza y barnizado motor turbina	Anual	01/08/2007	3 días	01/08/2008	Subcontrata
	Sustitución de rodamientos motor	Anual	01/08/2007	1 día	01/08/2008	Subcontrata
	Equilibrado dinámico de turbina	Anual	01/08/2007	1 día	01/08/2008	Subcontrata
	Revisión de cámara de autoclave	Semestral	16/05/2007	0.50 h	16/11/2007	Plantilla
	Revisión junta de sellado de puerta	Bimensual	16/05/2007	0.20 h	16/11/2007	Plantilla
	Revisión de apriete de tornillos y tuercas	Semestral	16/05/2007	1.00 h	16/11/2007	Plantilla
	Engrase de bisagras y pestillo de puerta	Semestral	16/05/2007	0.50 h	16/11/2007	Plantilla
	Engrase de junta de sellado de puerta	Semestral	16/05/2007	0.25 h	16/11/2007	Plantilla
	Sustitución junta de sellado de puerta	Anual	16/05/2007	2.00 h	16/05/2008	Plantilla
	Comprobación de circuitos de vacío	Semestral	20/02/2007	1 día	20/08/2007	Subcontrata
	Comprobación líneas intercon. termopar	Semestral	16/05/2007	2.00 h	16/11/2007	Subcontrata
	Comprobación válv. limitadoras vacío	Semestral	20/02/2007	1 día	20/08/2007	Subcontrata
	Limpieza de cuadro eléctrico	Anual	16/05/2007	3.00 h	16/05/2008	Subcontrata
	Comprobación de aislamiento cuadro	Anual	16/05/2007	2.00 h	16/05/2008	Subcontrata
	Comprobación de interruptor puerta	Mensual	16/05/2007	0.20 h	16/06/2007	Plantilla
	Comprobación de transmisor de vacío	Mensual	16/05/2007	0.50 h	16/06/2007	Subcontrata
	Comprobación de transmisor de presión	Mensual	16/05/2007	0.50 h	16/06/2007	Subcontrata
	Comprobación de controlador de presión	Mensual	16/05/2007	0.50 h	16/06/2007	Subcontrata
	Comprobación de controlador de temp.	Mensual	16/05/2007	0.50 h	16/06/2007	Subcontrata
	Comprobación controlador alarma temp.	Mensual	16/05/2007	0.50 h	16/06/2007	Subcontrata
Comprobación de termopares	Mensual	16/05/2007	1.00 h	16/06/2007	Plantilla	
Limpieza circuitos de vacío	Trimestral	17/05/2007	2.00 h	17/08/2007	Plantilla	
Medición de aislamiento	Anual	16/05/2007	2.00 h	16/05/2008	Subcontrata	
Comprobación de actuación de válvulas neumáticas de agua de refrigeración	Trimestral	17/05/2007	0.50 h	17/08/2007	Subcontrata	
Comprobación de actuación de válvulas neumáticas de control aire presión	Trimestral	17/05/2007	0.50 h	17/08/2007	Subcontrata	
Comprobación de presostatos	Trimestral	17/05/2007	0.50 h	17/08/2007	Subcontrata	
Comprobación de termostatos	Trimestral	17/05/2007	0.50 h	17/08/2007	Subcontrata	

Igualmente, se han creado una serie de formatos de "órdenes de trabajo de mantenimiento" para las acciones correctivas y preventivas tanto internas como externas, de modo que cada vez que se lleve a cabo una operación sea correctiva o preventiva deberá rellanarse la correspondiente hoja de operación, dependiendo de si es una actividad realizada por la propia plantilla (interna) o por un servicio subcontratado (externa).

Las plantillas se incluyen en el anexo VII a la memoria descriptiva.

Con estas medidas se conseguirá llegar a establecer una política de mantenimiento bien definida que no se base en "apagar incendios", sino en una adecuada gestión basada en un mantenimiento planificado y en uno correctivo en aquellos momentos en que sea expresamente necesario.

6.10. PROPUESTA DE MEJORA Nº 8

MODIFICACIONES DEL LAYOUT	
Situación actual	Distribución en planta con muy poco espacio disponible que presente problemas para transportes, movimientos, instalaciones de nuevos equipos, etc., además de impedir un trabajo óptimo por parte de los operarios, especialmente en el interior de la sala limpia.
Desperdicios existentes	Desperdicio de Recursos Humanos / Desperdicio por movimientos / Desperdicio por transportes / Desperdicio por procesamiento.
Áreas a las que afecta	Áreas de producción a pie de planta, especialmente a la sala limpia.
Situación deseable	Mejora en las condiciones de trabajo por un mayor aprovechamiento de los espacios y de la distribución de los elementos en las zonas de producción.
Herramientas de mejora	Housekeeping / JIT / Kaizen.
Beneficios deseados	Producción más eficiente por mejora de las condiciones de trabajo. Mayor espacio especialmente en la sala limpia para las actividades que se desarrollan en su interior. En general, una mayor salud laboral por aumento de la comodidad en los puestos de trabajo.
Responsable/s	Responsable de producción.
Propietario	Gerente de la división de materiales compuestos.
Plazo de implantación	No necesariamente inmediato; puede posponerse frente a las propuestas anteriores de mayor repercusión, a pesar de que su sencilla implantación a priori permite efectuarlo prácticamente en cualquier momento.

6.10.1. Introducción

En el punto 5.5.5 del capítulo anterior se analizó el layout existente en la planta de composites, y se llegó a la conclusión de que debido a las características intrínsecas del proceso de producción, tales como disponer de un área climatizada de condiciones controladas donde deben llevarse a cabo unas operaciones que no pueden realizarse en ningún otro lugar, y al escaso espacio disponible, una reordenación a gran escala de la planta no es posible actualmente. Es por ello que esta propuesta no se orienta como los cambios de layout tradicionales de la filosofía Lean Management, en los que se busca convertir distribuciones orientadas a la función en orientadas al producto, sino que se propondrá cómo ganar una cierta cantidad de espacio en la sala limpia mediante pequeños cambios, así como conseguir unas condiciones de mayor comodidad en todas las tareas que los operarios desarrollan en las mesas de trabajo (que, debe recordarse, son mesas de corte de telas, no mesas de Lay-Up).

6.10.2. Modificaciones del layout de la sala limpia

En vista del layout ampliado de la sala limpia presentado en el punto anteriormente referenciado se proponen las siguientes modificaciones:

- Eliminación de la estantería de herramientas como consecuencia de la instalación de los 4 paneles junto a las mesas de trabajo. Podrá colocarse un estante en la mesa del ordenador de control para colocar debidamente ordenada toda la documentación de la que debe disponerse en el área según la normativa aplicable. El uso que hasta ahora se le daba principalmente a dicha estantería era para colocar tijeras, cutters, restos de materiales, rollos de pasta de sellado ya empezados, etc. Con el nuevo sistema de Housekeeping estos elementos se habrán eliminado, por lo que la

estantería ocupa un espacio innecesario, ya que los materiales auxiliares se distribuyen entre el portarrollos (tejido respirador de superficie, película separadora perforada, material de bolsa de vacío, bolsas de polietileno, etc.) y las cajas perfectamente etiquetadas bajo las mesas de trabajo (pastas de sellado, cinta de alta temperatura, retenedor de corcho, etc.).

- La zona de reparaciones desaparecerá como tal del layout, debido a que el tiempo dedicado a las mismas en el interior de la sala limpia es mínimo, ya que la mayor parte están relacionadas con el área de recorte y requieren un bajo número de actividades que deban realizarse en las condiciones controladas de la sala limpia. Además, la portabilidad de la consola de reparaciones permite una gran flexibilidad cuando deba trabajarse en su interior.
- Se cambiará la disposición de la mesa de trabajo que suele utilizarse para la fabricación de bolsas de vacío, colocándose en perpendicular con respecto a la otra mesa.
- El portarrollos dejará de estar situado junto a la mesa de control y pasará a disponerse en la zona libre dejada por la estantería y el área de reparaciones, teniéndose presente que dispone de cierta movilidad gracias a las 4 ruedas que incluye, de modo que en esta disposición sería más sencillo y cómodo para los operarios realizar el corte de telas en la mesa cuya orientación se ha modificado.
- En ambas mesas de trabajo podrán realizarse tanto operaciones de Lay-Up como de fabricación de bolsas de vacío. Se evitarán desplazamientos de útiles innecesarios entre las mesas para fabricar bolsas. Cuando vaya a comenzarse a apilar, se situarán los útiles en las mesas del mismo modo en que vayan a introducirse posteriormente en las bolsas de vacío, y éstas se fabricarán sobre la misma mesa.
- Considerando el hecho de que la altura media de los operarios que trabajan en la sala limpia es de aproximadamente 1.65 m, y

que cada mesa de trabajo dispone de 4 ruedas en estado totalmente inservible que elevan la altura de la misma, se propone la eliminación de dichas ruedas. La relación de alturas es muy desfavorable para los trabajos, especialmente para la operación de Lay-Up. El operario sitúa frente a sí los útiles sobre los que va a apilar las telas, y las coloca sucesivamente una en cada útil para fabricar las piezas al mismo ritmo. Debido a la relación de alturas con la mesa de trabajo, les resulta muy incómodo apilar en estas condiciones varias piezas, por lo que disminuyendo la altura de las mesas podrían llegar incluso a apilar una pieza más. De este modo realizan el trabajo más cómodamente, no sólo el Lay-Up, sino también el resto de operaciones. Al ser mesas de corte de telas, se recomienda bajar la altura de las mismas para lograr estos beneficios.



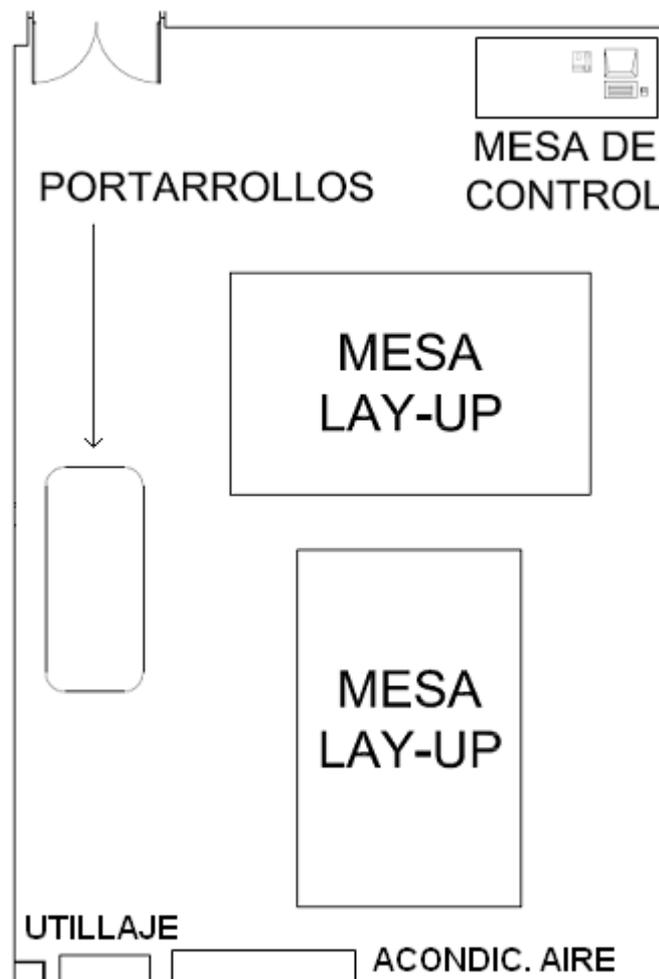
Imágenes 102 y 103

Nueva distribución de elementos en el interior de la sala limpia; en las imágenes puede apreciarse como se han eliminado las ruedas en mal estado de las mesas

Con esta nueva distribución se facilita el trabajo de los operarios sobre las mesas de trabajo, no sólo por la nueva relación de alturas, sino porque ahora disponen de mucho más espacio para moverse y hacerlo sin impedimos y sin molestar a los compañeros que se encuentran apilando en otra ubicación. Además, pueden trabajar en cualquier zona de la mesa,

mientras que con la disposición anterior se perdía comodidad en el apilado a lo ancho de las mismas por lo que apenas se llevaba a cabo. La operación del corte de telas será así mismo más sencilla, ya que basta con situar el portarrollos junto a la mesa cuya orientación se ha modificado, sin impedir el trabajo en otras zonas como ocurría en la disposición anterior, y evitando cerrar el acceso a la mesa de control y, en general, a la zona de tableros.

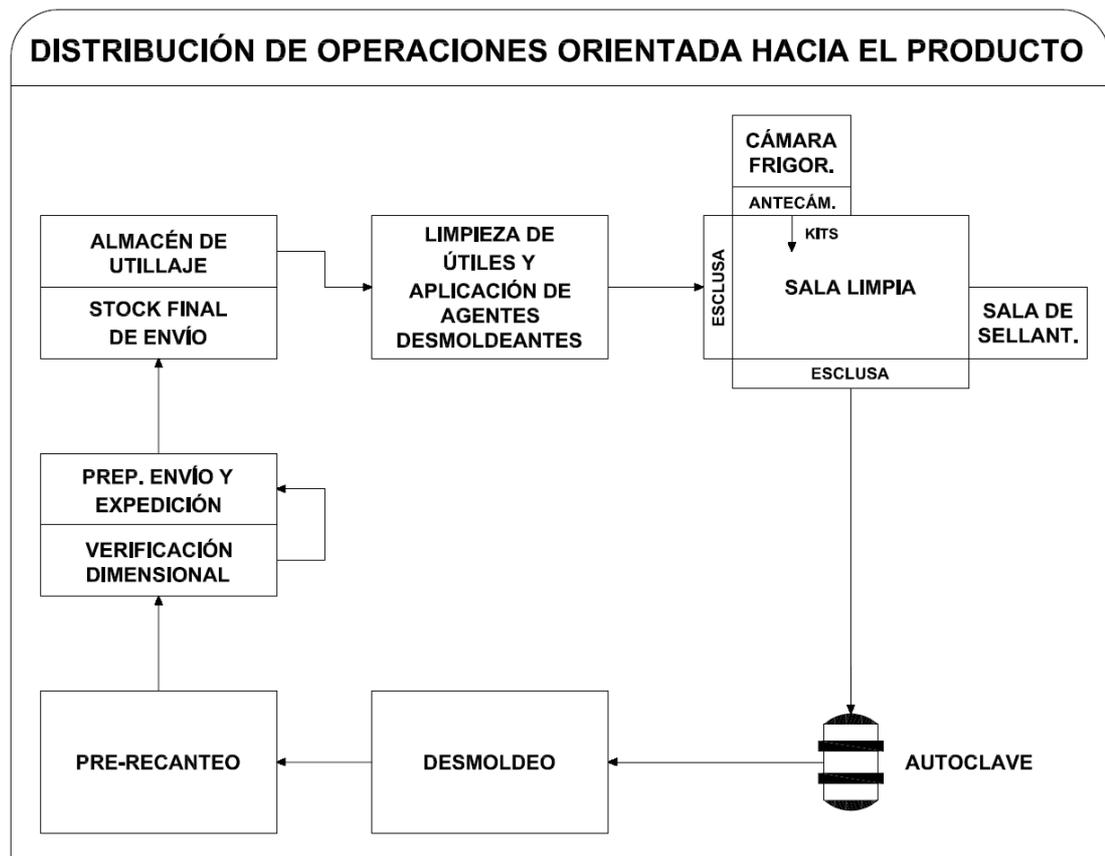
El nuevo layout de la sala limpia quedaría pues del siguiente modo:



Debido a poco espacio disponible en las zonas de autoclave, recanteo, expediciones, etc., no es posible realizar otras redistribuciones.

6.10.3. Propuesta de distribución orientada hacia el producto

En vista de la imposibilidad de realizar más modificaciones en el layout existente actualmente en la planta para orientarlo en mayor medida hacia el producto, a continuación se presenta una distribución de operaciones orientada totalmente hacia el mismo. El objetivo que se persigue es que la organización disponga de una herramienta en la que basarse para posibles ampliaciones o remodelaciones de la planta, o incluso en la construcción de una nueva, y que de este modo se tenga en cuenta esta importante cuestión en todo proceso productivo que pretende funcionar de un modo Lean.



6.11. PROPUESTA DE MEJORA Nº 9

POKA-YOKES: MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO	
Situación actual	Proceso de producción muy manual y con pocos elementos de ayuda para que las tareas de los operarios sean más sencillas y se pierda menos tiempo en su ejecución.
Desperdicios existentes	Desperdicio de Recursos Humanos / Desperdicio por exceso de inventario / Desperdicio por movimientos / Desperdicio por transportes / Desperdicio por tiempos de espera.
Áreas a las que afecta	Toda la planta de producción.
Situación deseable	Incorporación de elementos al proceso que faciliten las operaciones y disminuyan las posibilidades de que se produzcan errores humanos en el proceso.
Herramientas de mejora	Poka-Yoke / JIT / Kaizen.
Beneficios deseados	Eliminación de pérdidas de tiempo en procesos muy manuales. Aumento de la competitividad de la empresa.
Responsable/s	Responsable de producción.
Propietario	Gerente de la división de materiales compuestos.
Plazo de implantación	No se requiere de forma inmediata, y aunque daría lugar a grandes mejoras del proceso productivo, existen medidas más prioritarias; no obstante se recomienda su implantación una vez desarrolladas las mismas ya que puede dar lugar a un gran aumento de competitividad de la empresa en el mercado.

6.11.1. Introducción

En la etapa de análisis se hizo referencia al alto grado de fabricación manual del proceso de producción de composites, lo que da lugar a problemas derivados del trabajo humano, a trabajos pesados por su repetitividad (por ejemplo la operación del corte de telas de material preimpregnado), y en definitiva a que se produzcan varios despilfarros de los cuales el más notable es la pérdida de un bien tan preciado como es el tiempo.

El objetivo de esta propuesta es introducir en el proceso productivo unos elementos, dispositivos o materiales que, dándoseles un uso apropiado, permiten sino evitar completamente si reducir en prácticamente en su mayoría los errores comentados. Un dispositivo que cumple dicha función recibe el nombre de Poka-Yoke.

Normalmente se hace referencia a estos dispositivos como aquellos que no dejan lugar a errores en ningún caso; no obstante en el ámbito del presente proyecto y como consecuencia del alto grado de trabajo manual del proceso en estudio, se considerará como todo aquel que reduzca la pesadez y la posibilidad de error en el trabajo manual en una elevada medida.

Se propondrá 3 dispositivos o elementos a implantar:

- Maletines y kits de polietileno para corte manual de telas.
- Máquina automática de corte de telas.
- Tarjeta identificativa adhesiva para composites.

En los siguientes puntos se desarrollan cada uno de ellos.

6.11.2. Maletines y kits de polietileno para corte manual de telas

La operación de corte manual de telas es una de las que más tiempo y paciencia requieren por parte del operario que la lleva a cabo, ya que una vez situado el rollo de material prepeg. en disposición para el corte en una de las mesas de trabajo, el operario debe realizar el mismo valiéndose de un cutter, reglas, escuadras, cartabones, etc. La mayoría de los materiales prepeg. tienen orientación (tanto el tejido como la cinta), por lo que cortar una tela requiere un cierto tiempo, considerando que el corte debe hacerse incluyendo creces. Tómese como ejemplo la fabricación de 5 barras del A400M (las mismas cuyos tiempos se analizaron en tiempo real, véase anexo V de tabulación de resultados): 4 de las 5 barras estaban formadas por 12 telas, y la 5ª por 13, lo que hacen un total de 61 telas de tejido de fibra de carbono, de las cuales aproximadamente la mitad deben tener una orientación de 0° , y la otra mitad de $+45^{\circ}$ (en caso de tejido con respecto a la urdimbre, en la cinta con respecto a la fibra). Además, cada tela tendrá unas dimensiones previamente establecidas para la pieza final, dimensiones a las que deberá incluirse un margen de creces para la fabricación. El corte de telas debe realizarse sobre el rollo de material prepeg. de modo que se desaproveche la menor cantidad del mismo posible. Para fabricar un avión completo del A400M deben cortarse aproximadamente unas 200 telas. Estos hechos demuestran que esta operación manual es una de las que mayor tiempo requiere, y que además no resulta cómoda de efectuar, ya que deben medirse muchas longitudes distintas, y tenerse en cuenta la orientación del corte, que además debe ser la opuesta a la que deba presentar la tela al apilarla teniendo en cuenta el plano de fabricación.

El diseño que se plantea consiste en unos kits de plantillas de polietileno de baja densidad similar al que se usa para cubrir las mesas pero de menor espesor (en torno a unos 3 mm) que se fabriquen con las dimensiones que deben tener las telas una vez cortadas, incluyendo las

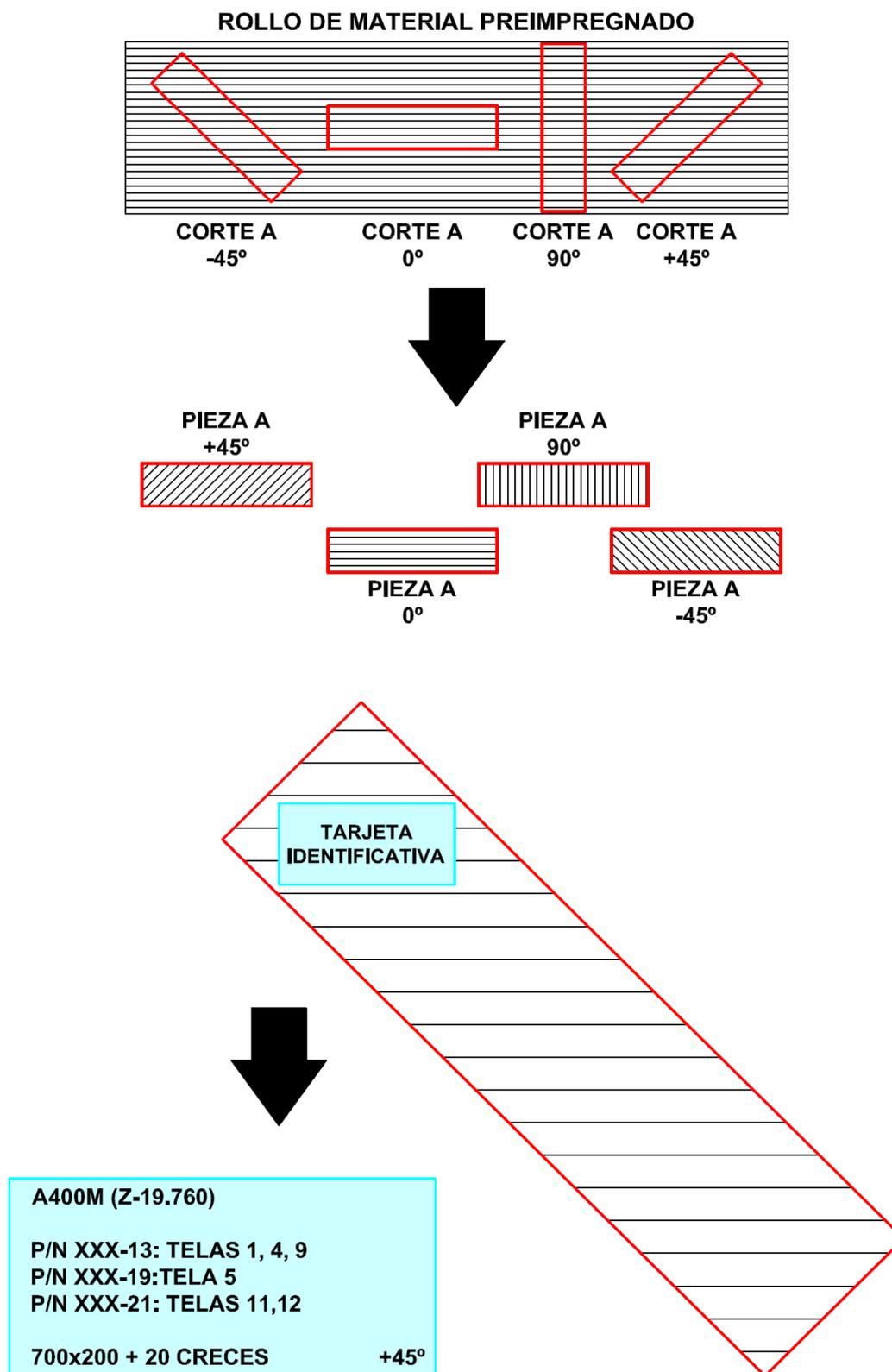
creces. Los kits estarán contenidos en una maleta perfectamente ordenados, y dispondrá de todas las plantillas necesarias para la fabricación de un avión completo del programa en cuestión, que estará recogido en una etiqueta en el exterior del maletín. No existirán dentro de un mismo maletín dos plantillas en que coincidan tanto las dimensiones como la orientación, sino que cada una llevará una etiqueta identificativa en su parte superior que defina perfectamente a la tela, indicando:

- Programa o avión al que pertenece (el mismo que aparezca en el maletín que las contiene) junto a la codificación de materiales no metálicos de AIRBUS del preimpregnado.
- P/N de la pieza (o piezas) a la que pertenece, indicando para cada uno de ellos el nº de tela en la secuencia de apilamiento.
- Dimensiones de la tela (según planos) y dimensiones aproximadas de las creces.
- Orientación de la tela.

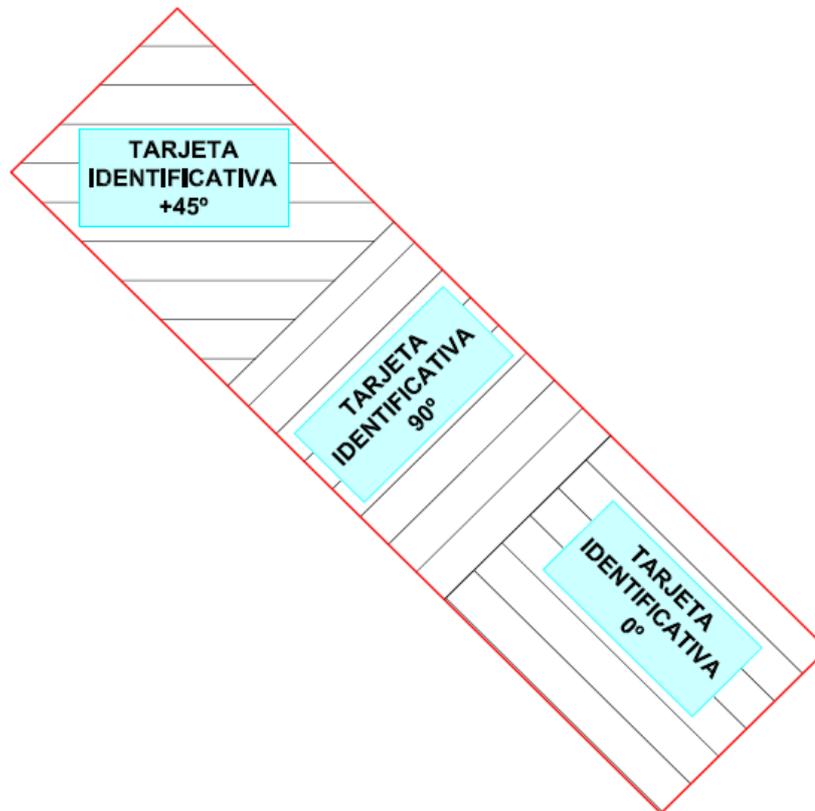
Del mismo modo, la etiqueta simulará de cada plantilla simulará la orientación en que debe colocarse la misma sobre el rollo de material prepeg. para que la tela cortada tenga la orientación pertinente según el plano que le corresponda. De este modo, el operario simplemente tendrá que colocar la plantilla en paralelo con la dirección del rollo hasta que coincida con lo que indica la etiqueta, y realizar el corte por el contorno de la plantilla. Cada vez que corte una tela la identificará según indica la etiqueta de la plantilla y proseguirá con la siguiente.

Mediante este sistema se agiliza el proceso de corte manual, y es mucho más cómodo para el operario al simplemente tener que ir colocando las plantillas y cortándolas, identificando las telas. En materiales sin orientación (como por ejemplo la fibra de vidrio) es incluso más sencillo al simplemente tener que realizar el corte.

A continuación se muestra un ejemplo gráfico del sistema propuesto:



Una versión más evolucionada del mismo sistema que permitiría cortar con la misma plantillas telas de las mismas dimensiones pero distinta orientación sería la siguiente:



Se incluyen ambas propuestas debido a que los operarios prefieren disponer de kits con mayor cantidad de plantillas de polietileno (primer modelo) que usar la misma para varias orientaciones (segundo modelo); no obstante en el segundo caso se logran no sólo ventajas de espacio sino que a priori el corte debe efectuarse más rápidamente una vez comprendido el funcionamiento de las plantillas.

Este es un sistema que ayuda a los operarios a realizar el corte manual de telas; en el siguiente método se estudiará la posibilidad de realizar el corte de forma automática.

6.11.3. Máquina automática de corte de telas

En este caso lo que se propone es la adquisición por parte de la organización de una máquina de corte automática que permita, partiendo de los diseños en CAD de las telas, el corte e identificación de las mismas aprovechando el máximo material preimpregnado posible.

La máquina recomendada se corresponde con el modelo "IN.C.A. Tech-Tex", cuya ficha técnica se incluye en el anexo VIII a la memoria descriptiva y en la cual se especifica que la máquina es capaz de cortar materiales compuestos ("compósitos"), para lo cual deberá utilizarse una cuchilla de tungsteno en el tipo de cabezal POT; de este modo no se presentarán problemas debido a la pegajosidad de la resina de los materiales preimpregnados a la hora del corte.

A continuación se muestra una imagen genérica del equipo:



Existen varios tamaños posibles de la máquina de corte; éste deberá determinarse en base al espacio disponible tras mejoras anteriores (Housekeeping, modificaciones de Layout, etc.) y a que debe situarse en el interior de la sala limpia, por lo que debe considerarse también si puede impedir el desarrollo normal de los operarios que realizan labores de Lay-Up, bolsas de vacío, etc.

El coste de un equipo de esta clase es muy elevado, por lo que es necesario un estudio de viabilidad económica para esta propuesta por parte del responsable de producción. No obstante, las ventajas derivadas de su uso son muy numerosas y relevantes:

- Disminución drástica de los tiempos de corte de telas.
- Eliminación de errores humanos al tratarse de un corte automático.
- Controlabilidad total a través de software propio, y compatibilidad con los programas de diseño más utilizados, AutoCAD y Catia.
- Eliminación del desperdicio de material preimpregnado debido a un corte manual en distintas orientaciones; el software es capaz de realizar una marcada automática ajustando todas las telas para aprovechar el máximo espacio posible del rollo.
- Una vez diseñadas las telas en CAD para posteriores operaciones de corte simplemente deben repetirse las órdenes, ahorrándose una gran cantidad de tiempo.
- Gran facilidad para el corte de formas complejas.
- Por encima de todo, su adquisición permitiría a la empresa aumentar drásticamente su competitividad al ser capaz de trabajar nuevos paquetes de producción que serían imposibles de llevarse a cabo a través de corte manual. Existen muchas empresas interesadas en subcontratar operaciones de corte de telas a aquellas capaces de responder con un corte rápido y eficaz, por lo que se abrirían nuevas posibilidades de mercado y la oportunidad de fabricar piezas mucho más complejas para las grandes potencias del sector aeronáutico, así como para otros proyectos relacionados con automoción, I+D+i, etc.

La formación necesaria para su manejo, así como para las etapas de diseño de telas en AutoCAD se incluyó en la propuesta de mejora nº 1.

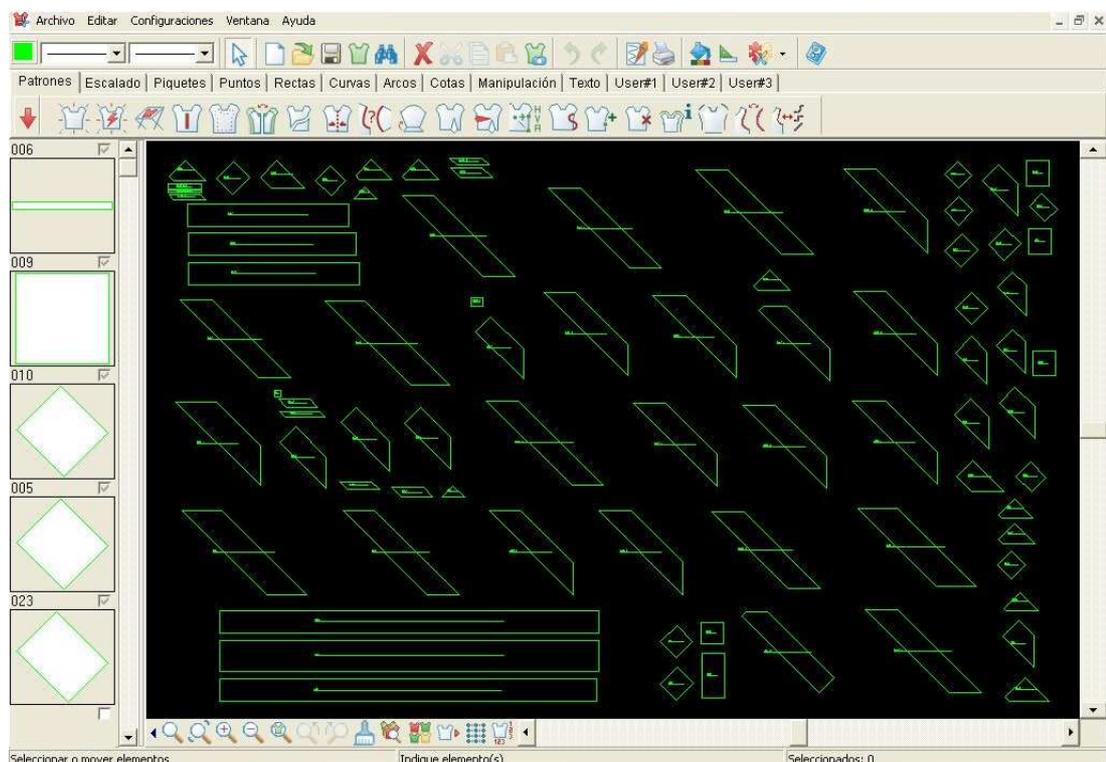
Las etapas necesarias para el corte de telas con esta máquina serían las que se describen a continuación:

1º) DISEÑO DE LAS TELAS EN AUTOCAD

Un ingeniero de producción será el encargado de diseñar las distintas telas en AutoCAD. Las telas que coincidan tanto en dimensiones como en orientación no se incluirán más de una vez. Una vez terminado el diseño, se exporta el mismo en formato universal DXF.

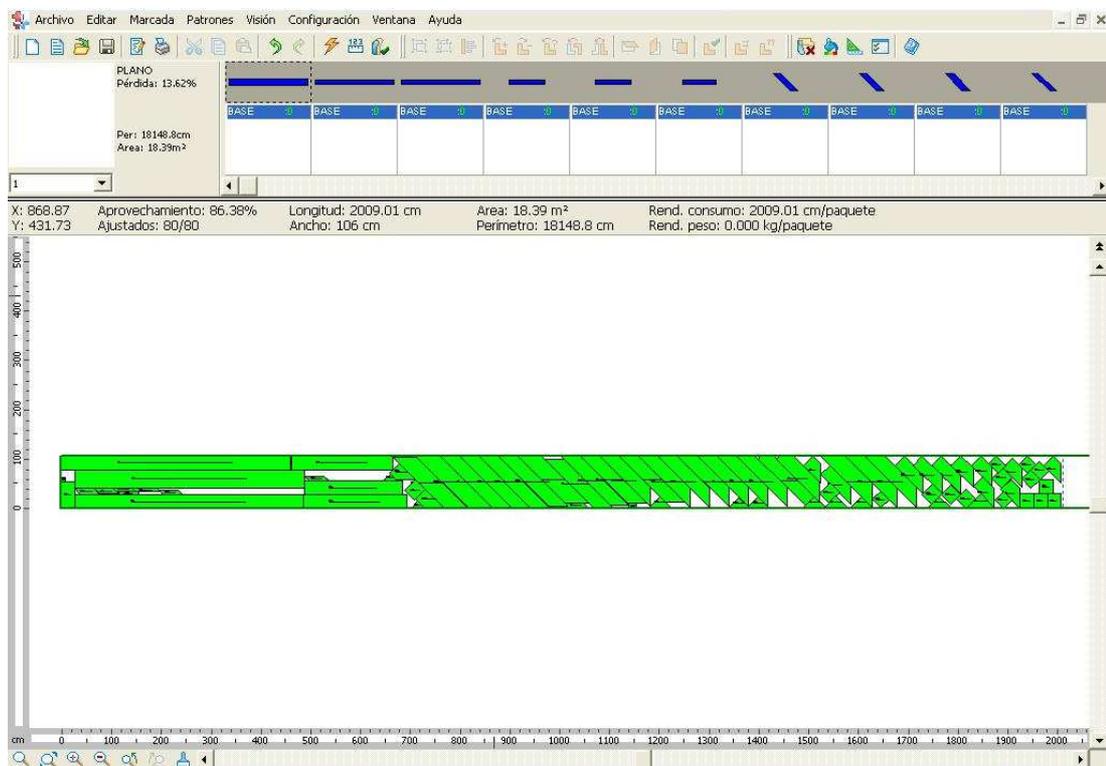
2º) IMPORTACIÓN DE LOS DISEÑOS CON EL SOFTWARE DE CREACIÓN DE PATRONES DE LA MÁQUINA

Los archivos DXF se importan desde el programa de CAD de la máquina y se convierten al formato propio de la misma para poder efectuar la marcada. En la imagen siguiente se muestra una captura de pantalla del software con las distintas telas incluidas.



3º) REALIZACIÓN DE LA MARCADA ("NESTING") AUTOMÁTICA

Con el software de "nesting" se importan las telas, se indica el nº de telas de cada tipo a cortar, y el programa las sitúa de forma automática a lo largo del rollo de material (en base a las dimensiones del mismo) con el máximo aprovechamiento posible, indicando el valor del mismo, metros cuadrados totales, etc. Esta marcada será la que se exporte a la máquina para que se lleve a cabo el corte. En la siguiente imagen se aprecia la distribución automática dada sobre el rollo a las telas anteriores.



4º) CORTE AUTOMÁTICO DE TELAS

Se ejecuta el archivo que contiene la marcada desde el programa de inicialización y la máquina comienza a efectuar el corte de telas. Además, gracias a un sistema de VideoJet, las telas son identificadas automáticamente sobre el papel protector de las mismas tal cual se van cortando según los datos introducidos previamente en el software, lo que también elimina tiempos de identificación manual de las telas cortadas.

6.11.4. Tarjeta identificativa adhesiva para composites

Antes de ser enviada al cliente, las piezas deben ser identificadas, lo que habitualmente se lleva a cabo tras el pre-recanteo. Actualmente, no es extraño encontrar órdenes de producción que no están junto a sus piezas correspondientes, por lo que la identificación de las barras es fundamental para evitar pérdidas de tiempo, especialmente en materia de P/N, nº de orden de fabricación, y serie.

Este es un sencillo sistema que permitirá identificar rápidamente cualquier barra, así como eliminar la operación de identificado manual a través de tinta permanente blanca habitualmente. Para cada orden de producción de que se disponga, en el momento en que se cierre la misma (se apruebe por parte del responsable de producción) se creará una etiqueta adhesiva con fondo blanco y letra negra en la que se incluirá en primer lugar el P/N de la pieza, y bajo éste, la serie y el nº de orden de fabricación. Caso de aceptarse la propuesta, podría incluirse la opción de la etiqueta para cada orden de producción generada con el "Lean Manager", de modo que se imprima directamente tras la orden.

En principio basta con esta información (P/N, nº de orden y serie) en la etiqueta identificativa, más adelante los responsables podrían plantearse un sistema de códigos de barra según el cual las etiquetas se generaran con un código exclusivo para cada orden de modo que pudieran identificarse las piezas mediante un lector específico al instante.

Las etiquetas identificativas deberán colocarse tras el apilado y antes del retenedor de corcho en una esquina de la pieza (en la última tela), teniéndose en cuenta si posteriormente va a ser necesaria la aplicación de los taladros de coordinación, de modo que se evite colocarla en una zona donde luego vaya a ser perforada en la realización de los mismos.

Para evitar que durante el proceso de polimerización la resina cubra la etiqueta y al curarse evite la posterior legibilidad de la información que contiene, se recomienda que una vez adherida a la superficie de la última tela se coloque una tira de cinta de alta temperatura Flashbreaker sobre ella.

PEAU-01-M551-B2152-200	
A400M-AV6	1983

En la siguiente imagen se muestran dos piezas identificadas usando etiquetas de este tipo protegidas con cinta Flashbreaker. Los resultados tras el curado son muy satisfactorios (no se dan problemas de lectura de las etiquetas) y se agiliza de este modo tan simple trámites posteriores relacionados con la identificación de piezas.



Imagen 104

Dos piezas apiladas identificadas con sendas etiquetas en su última capa

6.12. PROPUESTA DE MEJORA Nº 10

GESTIÓN DE LA CALIDAD	
Situación actual	Existencia de un Sistema de Gestión de la Calidad certificado (ISO 9001). La función de calidad está totalmente definida, aunque falta conocimiento de normativa a nivel operativo y no existe un procedimiento de reuniones de calidad con los trabajadores del proceso productivo.
Desperdicios existentes	Desperdicio por tiempos de espera / Desperdicio por reparación/rechazo de productos defectuosos.
Áreas a las que afecta	Toda la planta de producción.
Situación deseable	Lograr que una mayor implicación de los operarios con el concepto de calidad en la fabricación, tanto a nivel de normas, procedimientos, etc. Celebraciones periódicas de reuniones de calidad de seguimiento de los productos con los operarios.
Herramientas de mejora	Kaizen / Tableros de información / El Factor Humano.
Beneficios deseados	Disminución de los costes de no calidad. Implicación con el concepto y concienciación de que el nivel de importancia del mismo está a la misma altura que el de la función de producción. Mejora continua.
Responsable/s	Responsable de calidad.
Propietario	Gerente de la división de materiales compuestos.
Plazo de implantación	Por sus características puede implantarse en cualquier momento; su situación en la secuenciación se debe a que ya existe un SGC certificado y funcional.

6.12.1. Introducción

La presente propuesta tiene como objeto mejorar la percepción que tienen los operarios de la calidad en la fabricación, y hacerles partícipes de la misma, de modo que no sigan considerando que lo verdaderamente importante es sólo producir, sino que debe hacerse con calidad y conforme a unas normas y especificaciones establecidas que deben tener presentes en todo momento, pues son herramientas de su trabajo diario; no sólo deben considerar como tales a cutters, espátulas, reglas, lijadoras, etc., sino que las normas de fabricación que se han analizado en el capítulo 4 también deben considerarse del mismo modo.

Teniendo en cuenta que existe un SGC certificado y funcional, esta propuesta se enfoca a extender a los operarios la importancia de cumplir las normas y tenerlas presentes en todo momento, muy especialmente en el interior de la sala limpia, donde existe actualmente gran cantidad de documentación en papel que no se usa diariamente porque no se tiene conciencia de la importancia de la misma.

6.12.2. Carteles de calidad

En vista del desconocimiento general de las normas de fabricación existente actualmente y a los descuidos que se producen como consecuencia de la poca importancia que se les da a nivel operativo a las mismas, se propone una mejora basada en el uso de una serie de tableros de calidad dedicados exclusivamente a cuestiones relacionadas con calidad.

Se tratarán de carteles de calidad situados en los tableros de información que se distribuirán por todas las zonas de producción, diseñados conjuntamente por el responsable de calidad (información más relevante sobre normativa, procedimientos, etc.) y el responsable de la implantación

Lean (diseño capaz de atraer la atención y de proporcionar la información necesaria para la fabricación de un modo directo a los operarios). Los carteles se colocarán en aquellas zonas a las que afecten, por ejemplo uno referido a tiempo de vida de los materiales preimpregnados según las normas se colocará en la cámara frigorífica, uno de condiciones de las compactaciones junto a las mesas de trabajo de la sala limpia donde se llevan a cabo las mismas, etc.

Las etapas recomendadas para la implantación de estos carteles de calidad en las zonas de producción serían las siguientes:

1. Recopilación de toda la normativa y procedimientos aplicables a la fabricación de materiales compuestos.
2. Selección de los aspectos más relevantes de los documentos en base a los trabajos que realizan los operarios más habitualmente y de los cuales desconocen lo establecido por la normativa.
3. Selección de ubicaciones para posibles carteles en colaboración con ingeniería de producción y con los propios operarios.
4. Elaboración de la información clave de los carteles por parte de ingeniería de calidad en colaboración con ingeniería de producción.
5. Diseño gráfico de un formato de cartel corporativo y con capacidad de comunicación de la información que se recoge en él.
6. Situación de los carteles a nivel de producción.
7. Mejora continua en base a las etapas anteriores, detectándose nuevas necesidades o redefiniéndose alguna de las ya existentes.

Se han diseñado 6 carteles de calidad propuestos, 3 para la sala limpia, 1 para la cámara frigorífica, 1 aplicable en ambas zonas, y 1 para aplicación de agentes desmoldeantes y desmoldeo. Estos diseños se incluyen en el anexo IX a la memoria descriptiva.

6.12.3. Reuniones de seguimiento de la calidad de los productos

Por razones que se han venido comentando a lo largo de todo el proyecto, la mejora de la calidad es una de las vías de diferenciación de las empresas en el mercado, uno de los caminos hacia la competitividad; por lo que la importancia que se le da a la mejora continua en este aspecto resulta fundamental en cualquier organización. En vista de los resultados del análisis llevado a cabo que claro que en la planta de producción de composites la importancia de la calidad se tiene muy presente por los altos mandos y responsables, pero a nivel operativo existe una clara carencia de gestión de la calidad que haga partícipes a las personas que más en contacto trabajan diariamente con la producción de este concepto.

Se organización reuniones de calidad, seminarios y conferencias, se envían notas de prensa relacionadas, etc., pero no se consigue que los operarios formen parte activa de la mejora continua en este aspecto, mejora que va a repercutir directamente sobre ellos, por lo que deberían implicarse mucho más de lo que actualmente lo hacen.

El objetivo de esta propuesta es definir un procedimiento de reuniones de calidad orientadas directamente a los operarios de la división de materiales compuestos, de modo que regularmente todos ellos puedan debatir en un ambiente apropiado todas las cuestiones relacionadas, formulen preguntas, realicen sugerencias, comenten objetivos y resultados, etc. Hasta el momento parece que las reuniones de calidad se han destinado expresamente a los responsables de las organizaciones, cuando son una herramienta muy poderosa si se gestiona de una forma adecuada y se enfoca a la mejora en todos los ámbitos, muy especialmente en el más puramente operacional.

Así pues se propone que el responsable de la calidad en la producción lleve a cabo una reunión del tipo de "*círculo de calidad*" con los operarios del proceso productivo una vez a la semana, preferiblemente a primera hora del lunes, en la que se traten todos los problemas acontecidos en la semana anterior y se propongan soluciones para los mismos. En la próxima sesión se analizarán nuevos problemas a la vez que se estudiará el estado de las soluciones dadas a los anteriores. El moderador de las reuniones de círculos de calidad será asimismo el responsable de calidad.

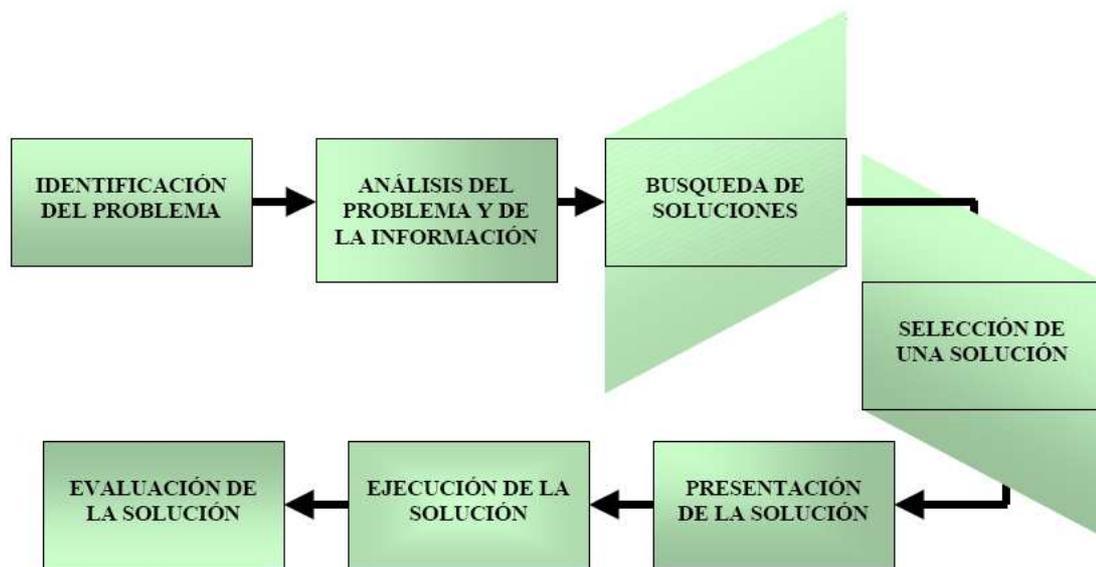
Un círculo de calidad de este tipo queda definido por sus características:

- Es un grupo reducido de personas, puede oscilar entre 3 y 15, pero habitualmente está comprendido entre 6 y 10.
- Es un grupo de personas que tienen un trabajo común, generalmente trabajan en el mismo taller, sección, área, etc. (en este caso lo formarían los operarios que lo deseen y el responsable de calidad).
- Se reúnen periódicamente en sesiones cortas, lo más habitual es que lo hagan cuatro veces al mes, una hora por semana, tal como se ha comentado previamente.
- Las reuniones tienen lugar en horas de trabajo, o fueran de la jornada pero retribuidas.
- La participación de los trabajadores en el círculo de calidad es voluntaria.
- El círculo de calidad tiene un líder que no tiene por qué coincidir con el encargado, aunque en este caso dichas funciones recaen sobre el responsable de producción.
- El círculo de calidad no es un equipo de trabajo, es un grupo de trabajadores que se reúnen para identificar, analizar y proponer soluciones a problemas relacionados con su trabajo.

- Los círculos proponen soluciones; luego la dirección decidirá si las implanta o no. Estas soluciones están dirigidas fundamentalmente a aumentar la productividad y la calidad del producto, la participación de los trabajadores y la mejora de las condiciones de trabajo. El responsable de calidad dispondrá de un informe de seguimiento de la calidad del producto que cumplimentará con las observaciones de cada sesión de círculo de calidad, donde se incluyan plazos y responsables de las soluciones para los problemas, de modo que quede constancia de las conclusiones alcanzadas durante la reunión. Del mismo modo, el responsable de calidad será el encargado de hacer llegar los resultados a las personas oportunas para que se lleven a cabo actuaciones en consecuencia, de modo que para la siguiente semana prepare un informe sobre la evolución de las propuestas de la semana anterior. Es importante no confundir estos círculos con un sistema de sugerencias como el presentado en la propuesta nº 4.

A pesar de que la participación de los operarios es voluntaria, debe hacérseles entender que estas reuniones benefician a todos, y que el primer paso para la mejora de la calidad en la producción es contar con la participación y motivación de todos los implicados. Si es necesario el compromiso de aquellas personas que vayan a participar a hacerlo en todas las reuniones que se celebren (una por semana como se ha comentado), ya que un círculo de calidad en el que no siempre las mismas personas participan va desmoronándose poco a poco y termina convirtiéndose en un freno a la producción más que en una mejora de la calidad, lo que también puede dar lugar a conflictos entre ambas funciones.

Por tanto, el procedimiento a seguir en este tipo de reuniones consta habitualmente de una serie de pasos que deben completarse progresivamente, resumidos en el siguiente gráfico:



En última instancia, los responsables de que se corrijan los problemas serán los encargados de las áreas afectadas, por ejemplo un problema de órdenes de producción será en última instancia responsabilidad del encargado de producción, a pesar de que se haya detectado en una reunión con el responsable de calidad. La función de éste es gestionar los círculos de calidad para poder extraer la mayor información posible para la mejora continua, y dejar constancia escrita a través de informes de que se han presentado problemas y soluciones a los responsables pertinentes. Es por ello que, a pesar de que el círculo de calidad se cree en torno a los operarios que es donde el nivel de implicación con el concepto de calidad es menor, es necesario el conocimiento por parte de todos de que existe el círculo, se está llevando a cabo, y los problemas y soluciones que se deriven de sus reuniones semanales van a repercutir directamente sobre todas las áreas que mantengan relación con la fabricación a pie de planta.

Como sesión preliminar de círculo de calidad, se presenta a continuación el informe creado para esta mejora con los problemas comentados. El círculo estuvo formado por 6 operarios y 2 técnicos, uno de calidad (responsable/líder) y otro de Lean Management (proyectista).



HQ2-02-04-07

SEGUIMIENTO CALIDAD PRODUCTO 2007

REV 1- FECHA REVISIÓN: 02/04/07

Asunto: SEGUIMIENTO CALIDAD PRODUCTO	Realizado:
---------------------------------------------	-------------------

Participantes:			Para Información:	
Nombre	Nombre	Nombre	Nombre	Nombre

Para acción:

Descripción	Resp.	Plazo
LAS ÓRDENES DE PRODUCCIÓN DEBEN ESTAR DISPONIBLES Y CERRADAS POR EL RESPONSABLE ANTES DE COMENZAR CON EL PROCESO PRODUCTIVO		
TODAS LAS REPARACIONES QUE SE LLEVEN A CABO DEBEN LLEVAR SU CORRESPONDIENTE ORDEN DE PRODUCCIÓN		
TODOS LOS DÍAS CADA OPERARIO DEBE DISPONER DE UNA PLANIFICACIÓN INDIVIDUAL CON LAS DISTINTAS TAREAS A DESARROLLAR		
DEBE MEJORARSE EL FLUJO DE COMUNICACIÓN EN TODOS LOS ASPECTOS DE LA ORGANIZACIÓN, ESPECIALMENTE EN EL PRODUCTIVO		
DEBE PEDIRSE EL SELLO PARA EL NUEVO OPERARIO		
REVISIÓN Y REABASTECIMIENTO DE INDUMENTARIA DE TRABAJO, ASÍ COMO DISPOSICIÓN DE TAQUILLAS PARA LOS OPERARIOS		
INSTALACIÓN DE UN TERMO PARA AGUA CALIENTE EN LOS BAÑOS		
COMPRA DE TAPONES PARA LOS OIDOS PARA LOS OPERARIOS		
COMPRA DE DOS CASILLEROS PARA COLOCAR LAS ÓRDENES DE PRODUCCIÓN QUE SE ENCUENTREN EN LA SALA LIMPIA		
FALTA DE HUECOS AL APILAR PARA TALADROS		
FALTA RELLENAR LA PARTE DEL CICLO EN ORDEN DE PRODUCCIÓN		
FALTA REGISTRO DE LIMPIEZA UTILLAJE CICLO 622 (06/03/07) 2 PREF. A340		
FALTA REGISTRO LIMPIEZA PLANCHA APILADO DE SUPL. DE SERRA (05/03/07)		
FALTA REGISTRO PRES. CICLO 624 (PROBETA) (CICLO DE 120 °C Y 7 BAR)		

ACTA DE REUNIÓN DE CALIDAD

6.13. PROPUESTA DE MEJORA Nº 11

GESTIÓN DE PROVEEDORES Y DE LAS RELACIONES CON LOS CLIENTES	
Situación actual	Gestión poco eficiente de las relaciones que la empresa mantiene con sus clientes y proveedores. Falta de concienciación de que los proveedores forman parte de la cadena por la que fluye el negocio.
Desperdicios existentes	Desperdicio por exceso de inventario / Desperdicio por tiempos de espera / Desperdicio por reparación/rechazo de productos defectuosos.
Áreas a las que afecta	Toda la organización.
Situación deseable	Disponer de proveedores seguros con los que se mantengan buenas relaciones. Gestión adecuada del seguimiento que se realiza a los clientes.
Herramientas de mejora	JIT / Kaizen / El Factor Humano.
Beneficios deseados	Gestión de calidad desde el verdadero punto inicial del proceso productivo (proveedores), y mejores relaciones con los clientes.
Responsable/s	Responsables de producción, calidad y proyectos.
Propietario	Director general.
Plazo de implantación	Progresivo a partir de la consolidación de propuestas anteriores que requieren una mayor priorización.

6.13.1. Introducción

A la hora de realizar un estudio Lean como el que es objeto de este proyecto, no sólo deben considerarse los campos de producción, mejora de

máquinas, gestión de calidad, medioambiente y prevención de riesgos, etc. como objetivos de mejoras, sino que existe un aspecto fundamental, externo a la organización, que debe tenerse muy presente en todo momento, y se trata de las relaciones que se mantienen con los proveedores y con los clientes del proceso productivo. Sólo considerándolo realmente se puede mejorar el proceso completo desde un punto de vista Lean, desde el mismo inicio de la cadena de negocio. Las empresas que gestionen estas relaciones de una forma adecuada conseguirán un factor más de competitividad que les permitirá diferenciarse del resto.

6.13.2. Gestión de proveedores

6.13.2.1. Gestión de compras

Las compras afectan a la calidad de la mayoría de organizaciones, aunque no en la misma medida, por ejemplo la importancia de las mismas respecto a la calidad será mucho mayor en la planta de composites en estudio que en una academia de idiomas; no obstante prácticamente no existe una organización que no requiera de algún producto ajeno para realizar sus actividades.

El siguiente esquema ilustra de forma genérica los principales procesos que intervienen en la compra, ya sea de productos o servicios.



Donde los círculos indican puntos de requisitos:

- Antes de comprar se deben determinar con rigor los requisitos de los productos a comprar. Es muy frecuente que las personas o departamentos que determinan las necesidades de compra no sean los que comunican los requisitos del producto al proveedor, por esta razón es muy importante que se especifique con exactitud lo que se quiere.
- Se debe seleccionar a los proveedores en función de su capacidad para proporcionar productos que satisfagan los requisitos de la organización, de ahí que el proceso “seleccionar proveedor y comprar” reciba información del proceso “evaluación de proveedores”. La comunicación de los requisitos al proveedor seleccionado debe ser clara y precisa, diseñando un método que asegure una transmisión completa y eficaz de los mismos.
- La organización debe asegurarse de que los productos comprados cumplen los requisitos solicitados. Para ello deben llevarse a cabo las actividades de inspección que sean apropiadas. Estas actividades deberán ser más rigurosas cuanto mayor repercusión tenga el producto comprado para la calidad, y depender también de la competencia demostrada por el proveedor (histórico de entregas del proveedor). La intensidad de los controles aplicados durante la inspección puede variar desde un simple control administrativo de entrada (verificación de cantidades y tipo de producto), hasta la realización de controles de verificación de especificaciones “in situ” o la toma de muestras para analizar en un laboratorio.
- Se deben llevar a cabo actividades de evaluación continua (evaluación inicial y re-evaluaciones) con los proveedores. En el esquema se ha significado que la información para evaluar a los proveedores proviene de los procesos de inspección, pero también

puede provenir de cualquier otro proceso del que se obtenga información sobre el proveedor y sus productos.

Por tanto, las claves de una buena gestión de proveedores capaz de fortalecer toda la cadena de suministro son las siguientes:

- Establecer un contacto fluido y sincero, crear una relación de mutua confianza y colaboración.
- Solicitar del proveedor que indique qué se puede mejorar para ayudarle a cumplir con más eficacia los requisitos del producto suministrado. Quizás la comunicación de los requisitos no es del todo completa, o también puede ser necesario planificar mejor las compras para facilitar al proveedor cumplir los plazos de entrega.
- Establecer un sistema de medición de la competencia de los proveedores fiable y que permita el seguimiento particular de los proveedores más importantes. La información obtenida se debe utilizar no sólo para seleccionar a los proveedores, sino para ayudarles a mejorar lo que no está bien, enviándoseles la información sobre su nivel de calidad y solicitando mejoras.
- Establecer objetivos a los proveedores. Con un sistema de medición robusto, se pueden estimar los "costes de la no calidad" derivados de los errores de cada proveedor. Estableciéndose objetivos basados en este indicador, se conseguirá que el proveedor sea consciente de los efectos de su ineficiencia.

6.13.2.2. Sistema de verificación de productos comprados

Se proponen una inspección en dos etapas:

- Inspección administrativa: comprobar que la organización ha realizado la compra que se dispone a recepcionar, verificar que la

documentación que porta la carga es conforme, que efectivamente la carga corresponde a lo que se había pedido, etc.

- Inspección técnica: en esta etapa se comprueban las variables técnicas, funcionales, de aspecto, u otras del producto. Estas actividades pueden ser, por ejemplo: realizar verificaciones dimensionales, tomar muestras para analizar, efectuar una verificación visual de aspecto con la ayuda de un patrón de color o de defectos, etc.

En función del producto a inspeccionar, se puede decidir hacer sólo una inspección administrativa, o una completa (administrativa + técnica). Determinados tipos de actividades hacen posible introducir metodologías de inspección técnica basadas en muestreos.

6.13.2.3. Contacto y comunicación con los proveedores y seguimiento de pedidos

La mayor parte de la comunicación con proveedores se efectúa por vía telefónica, y en determinadas ocasiones por fax o correo electrónico. La necesidad de establecer contacto con los proveedores puede estar motivada por distintas causas: comunicación de un pedido, seguimiento de un pedido, facturación, etc. Pesar de que las vías utilizadas dan resultados, podría mejorarse a través de un sistema más avanzado muy habitual hoy en día. Se recomienda el diseño de una sección de Oficina Virtual (“extranet”, espacio virtual en el que pueden desarrollarse actividades similares a las de una oficina) en la página web de la organización, de modo que los proveedores autorizados accedan a ella vía contraseña y podrían gestionar los pedidos en que están inmersos directamente. Podría concebirse como una extensión web del software “Lean Manager” ya estudiado en este proyecto. Desde esta oficina podría accederse a documentos de pedidos, facturas, fechas de entrega y distintos elementos relacionados con los proveedores.

Este mecanismo en principio también sería aplicable al seguimiento de pedidos, si una sección de la oficina se destinara a que los proveedores fueran actualizando frecuentemente el estado de sus pedidos asociados. El inconveniente que se presenta es que dicha actualización quedaría en manos del proveedor, por lo que el trato mantenido con los mismos sería fundamental para que verdaderamente se implicasen con la organización y actualizasen contenidos en cuanto se produjeran cambios de pedido.

Otra opción sería que los proveedores dispusiesen de un sistema similar al implantado en la organización de control en tiempo real de pedidos, aunque ello quedaría a expensas de los mismos y de la tecnología disponible, así como de las decisiones tomadas al respecto por sus mandos.

6.13.2.4. Sistema de evaluación de proveedores

La organización debe evaluar y seleccionar a los proveedores en función de su capacidad para suministrar productos de acuerdo con los requisitos de la misma. El objetivo de un sistema de este tipo es seleccionar aquellos que cumplen los estándares de calidad, y descartar aquellos que son declarados "no aptos".

Actualmente en la empresa se trabaja con una base de datos de proveedor que permite la calificación de los mismos, pero prácticamente nunca se usa, y cuando se hace el procedimiento consiste en poner nota cada cierto tiempo a los proveedores en base a criterios poco objetivos, ambiguos y poco definidos. Debe modificarse el sistema de valoración para que permita conocer en qué medida los proveedores cumplen los requisitos de la organización.

Se recomienda la estructuración de la valoración en dos:

- Evaluación del plazo de entrega (el servicio).
- Evaluación de la "calidad" del producto (el producto en sí).

Asimismo, se propone de indicadores del siguiente tipo:

- MPM: número de piezas enviadas por el proveedor fuera de plazo por cada millón de piezas enviadas
- PPM: número de piezas defectuosas enviadas por el proveedor por cada millón de piezas enviadas.

El mantenimiento y la utilización de estos 2 indicadores pueden ser los elementos principales de un sistema de evaluación y selección de proveedores. Estos indicadores pueden ser substituidos, como es normal, por otros que se ajusten mejor a las necesidades de la organización incluso asignar indicadores distintos en función del proveedor o el producto (por cada 500 piezas en lugar de un millón, por unos determinados metros cuadrados de material, etc.). Por ejemplo, se pueden desarrollar criterios para ponderar las no conformidades de los proveedores (asignar un nivel de gravedad a cada problema), y posibilitar estableciendo indicadores del tipo de nº de puntos de demérito por cada 100 horas de servicio o por cada 100 productos enviados. Otro método de evaluación se podría basar en si los proveedores se encuentran certificados por la ISO 9001.

Es bastante conveniente integrar el sistema de evaluación de proveedores con el propio sistema de mejora continua de la organización. La obtención y el tratamiento de información relativa a los proveedores es una parte más del sistema que nos ha de permitir mejorar. El ciclo de actuación por tanto se resume en: recoger información y tratarla (indicadores), analizarla/revisarla, tomar decisiones/iniciar acciones, y proporcionar recursos.

6.13.3. Gestión de las relaciones con los clientes

6.13.3.1. Mejora de la gestión del marketing relacional

Construir relaciones duraderas con los clientes o incrementar su lealtad hacia la compañía o hacia los productos y servicios de la misma, se está convirtiendo con el paso del tiempo en una estrategia cada vez más perseguida. Sin embargo, conseguir alcanzar un mínimo de resultados, dentro de una estrategia tan amplia y que implica en ocasiones a personal subcontratado, no es en modo alguno sencillo de alcanzar.

La vida de las personas están organizadas generalmente entorno a relaciones a largo, por lo que suele responderse bien a los programas de aumento de lealtad y confianza cuando se habla de compañías y de productos. Por ello, una estrategia de éxito debería construir relaciones de confianza a largo plazo después de producirse la venta. Durante años se ha hecho todo para el cliente, pero sin el cliente; y para responder al cambio, invertir en tecnología, o lanzar nuevos productos innovadores, hay que entrar decididamente en la colaboración con él.

Es muy importante construir y cementar una relación con el cliente que se centre en los comportamientos del mismo. La sofisticación de sus comportamientos exige cambios importantes en la gestión de las relaciones con el cliente y, sobre todo, mayor conocimiento del mismo.

6.13.3.2. Etapas propuestas para la mejora de las relaciones con los clientes a través de una buena estrategia de marketing relacional

A continuación se describen las 7 etapas que se recomiendan para la mejora de las relaciones con los clientes en la planta de composites:

1ª) RECOGER INFORMACIÓN PRECISA Y ACTUALIZADA SOBRE LOS CLIENTES

Los clientes no son solo un número, son individuos y han de ser tratados como tales. Por eso, el primer paso ha de partir de su conocimiento, de saber cuáles son sus necesidades y conocer lo que esperan de la organización. Sin información precisa de los clientes no puede ofrecérseles el mejor servicio o el mejor soporte sobre los productos que se fabrican. Es importante que esto se prolongue en el tiempo, porque las necesidades de los clientes cambian con el mercado con giros inesperados. El cliente no es un ente estático, está en movimiento constante, y debe disponerse de esa información actualizada. Para ello, en cada contacto que se haga con los clientes, es muy importante tener presente la necesidad de actualizar la información existente en las bases de datos a cerca de ellos.

2ª) CONOCIMIENTO DEL PRODUCTO

Conocer en profundidad los productos de la organización, los entresijos, las necesidades técnicas y tecnológicas y, en definitiva, disponer de un adecuado "know-how", constituye uno de los pilares fundamentales en la construcción de relaciones de éxito. Sin duda alguna, un cliente no quiere jamás oír que es transferido a otra persona de la organización porque tiene mejores conocimientos técnicos o no entiende de qué está hablando.

3ª) INVERTIR TIEMPO EN APRENDER DE LOS CLIENTES

Si de algo gozan los clientes es de ser heterogéneos, son tan diferentes en su relación a los productos y servicios que se convierten en "mundos" independientes. Por ello, es vital centrarse en su conocimiento. Por un lado se mejoran los servicios y los productos, y por otro se mejora el conocimiento de fondo del propio cliente, lo que permite una atención más personalizada y una oferta más segmentada, lo que siempre mejorará las relaciones entre las organizaciones.

4ª) OFRECER SIEMPRE ALGO DE VALOR A LOS CLIENTES

Un claro instrumento de ventaja competitiva es ofrecer, en cada relación con el cliente, algo de valor perceptual hacia este. Cada compra que haga, consulta que lleve a cabo, cada queja que tenga debe recibir en todo momento una contraprestación psicológica, aunque no se traduzca en ingresos para la compañía.

5ª) LA CALIDAD ES UNA CUESTIÓN DE AMBAS PARTES

En una estrategia de gestión de las relaciones con los clientes, ambas partes deben ser conscientes de que el éxito sólo es posible mediante una relación en la que cada parte de lo mejor de sí. Es imprescindible que se involucre al cliente en la resolución y en la búsqueda de respuestas, ya que éste debe darse cuenta en todo momento que la empresa trabaja con él y necesita su cooperación, de modo que se consiguen dos objetivos: más retorno y menos agotamiento por parte de ambas partes.

6ª) RECOMPENSAR LA LEALTAD DEL CLIENTE

Todo cuando la organización dedique a sus clientes debe ser visto por éstos como un beneficio y como algo de valor; no en términos económicos, sino de lealtades, por ejemplo en la asignación de una persona a un determinado programa de fabricación permanentemente, de modo que el cliente tenga la tranquilidad de que tiene un experto a su disposición para cualquier consulta que necesite sobre el producto en cuestión.

7ª) COMUNICACIÓN REGULAR CON LOS CLIENTES

La organización siempre debe dar el primer paso para no perder a sus clientes, mostrando una actitud proactiva en la que demuestre su interés sobre diversos temas, como por ejemplo si un cliente ha quedado satisfecho con un lote de piezas fabricadas, información para un cliente del progreso de la fabricación, no sólo cuando se produzcan problema, sino en todo momento, haciéndole saber que se tiene presente que el producto es para

ellos y que reciben retroalimentación de todo lo que ocurre en el proceso de producción. A pesar de que a priori parece simple, sin esta etapa las 6 anteriores no tendrían sentido: el contacto con el cliente debe realizarse diariamente, aunque simplemente se haga para informarle de que todo va según lo planeado. Este es el punto clave del marketing relacional: no esperar la llamada del cliente. El componente psicológico de "dar el primer paso" otorga una relación más fuerte entre la organización y su cliente, ya que él lo ve como un acto de verdadera atención en la relación y de auténtica lealtad y compromiso entre compañías.

Cada programa de producción asociado a un cliente tendrá un responsable (ingeniero de producción asignado), que será el encargado de mantener la comunicación continua con el cliente, facilitándole toda la información precisa sobre el desarrollo de la fabricación, los plazos, los posibles problemas, etc. Es muy importante que se considere como un nuevo objetivo de la compañía el establecimiento de un flujo de comunicación continuo con los clientes, y cada encargado de programa se encargará de mantener la relación en los niveles más altos de satisfacción siguiendo las recomendaciones hasta aquí establecidas.

6.14. PROPUESTA DE MEJORA Nº 12

MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL	
Situación actual	Existencia de un SGMA (Sistema de Gestión Medioambiental) certificado según ISO 14001. Falta de procedimiento de Buenas Prácticas Ambientales y de gestión de residuos.
Desperdicios existentes	Desperdicio por exceso de inventario / Desperdicio de capital en general (agua, energía, etc.).
Áreas a las que afecta	Toda la organización.
Situación deseable	Implantación y concienciación de la importancia de un programa de Buenas Prácticas Ambientales, de modo que el personal sea consciente de los grandes despilfarros que se producen a diario como consecuencia del uso descontrolado de las instalaciones y de los recursos de que dispone la organización. Sistema de gestión de residuos adecuado a la metodología Lean, de fácil uso, de modo que no se tengan dudas a la hora de desechar algún tipo de material sobre dónde hacerlo.
Herramientas de mejora	Housekeeping / Kaizen / El Factor Humano / Tableros de información.
Beneficios deseados	Ahorro en el consumo de recursos tales como el agua y la energía utilizados directa o indirectamente en el proceso productivo en particular y en la organización en general.
Responsable/s	Director general / Responsable del SGMA.
Propietario	Director general.
Plazo de implantación	Progresivo a partir de la consolidación de propuestas anteriores que requieren una mayor priorización.

6.14.1. Introducción

La conciencia de gestión medioambiental ha crecido en los últimos años en todos los sectores industriales, en gran parte motivados por las exigencias de la legislación. La certificación en la norma ISO 14001 se ha convertido en uno de los objetivos prioritarios en las empresas que producen cambios en su entorno y se valen de recursos naturales para desarrollar sus tareas. La planta de composites en estudio posee la certificación en esta norma, y dispone de un SGMA implantado y funcional. Sin embargo, esto no significa que una empresa que haya alcanzado este objetivo deba dejar de moverse en el ámbito de la mejora continua en ese sentido, por lo que en vista de las observaciones realizadas durante el análisis se comprueba una doble necesidad:

- Implantación de un programa de BPA (Buenas Prácticas Ambientales).
- Mejora del sistema de gestión integrado de residuos a pie de planta.

6.14.2. Implantación de un programa de BPA

6.14.2.1. La importancia de la implicación del personal

Un programa de BPA consiste en un conjunto de hábitos personales y colectivos que hacen que la actuación de todas y cada una de las personas que conforman una organización permita realizar una correcta gestión ambiental. Estas prácticas acercan al principio de sostenibilidad global, y como consecuencia, a la sostenibilidad individual de la propia empresa.

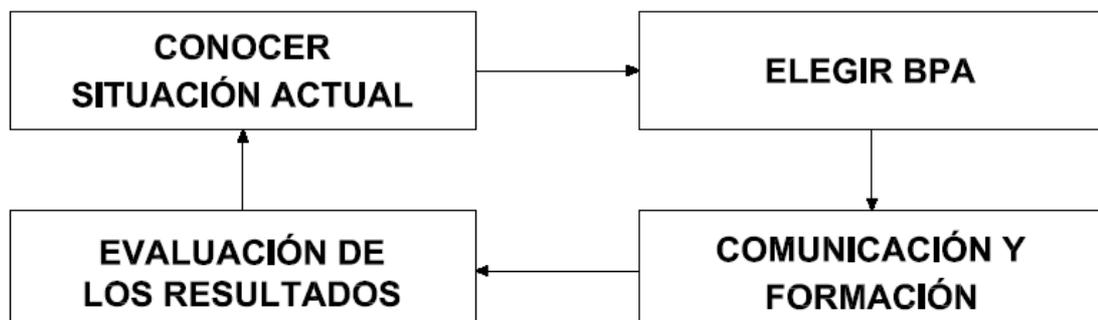
Una ventaja de cara a la organización es que este programa en la mayoría de los casos no requiere costes elevados, es más, da lugar a una

eliminación de recursos especialmente en materia de agua y energía que trae como consecuencia disminuciones muy notables de los costes.

A pesar de que la empresa está certificada según la norma ISO 14001, la experiencia denota que no se llevan a cabo unas buenas prácticas en estos aspectos, por lo que se recomienda la implantación de un programa de este tipo.

El papel de la dirección resulta fundamental en la implantación de este programa, ya que desde su función de líder tiene que dar ejemplo, concienciando al personal de la importancia de que se cuiden estos aspectos ambientales, solucionando posibles conflictos por diferencia de opiniones, y especialmente, liderando el programa. Uno de los principales frenos a la implantación de un programa de este tipo se da al tener que producirse un cambio en la mentalidad de las personas, en su cultura, y es aquí donde la actuación y actitud de la dirección debe ser fundamental, dando ejemplo y dejando muy claro cuál es el rumbo establecido. Asimismo, debe extender el programa a todo el personal de la empresa, no sólo a la división de materiales compuestos, ya que esta es una mejora global que abarca a la organización al completo; y, caso de ser necesario, debe estar dispuesto a consultar con expertos en el tema si fuera necesario.

6.14.2.2. El ciclo de mejora continua de un programa de BPA



1. **CONOCER SITUACIÓN ACTUAL:** debe conocerse la realidad de la empresa como tal en relación al medio ambiente, en todos los ámbitos (proveedores, procesos e instalaciones, clientes, trabajadores, propiedad, vecinos y legislación) e identificar qué BPA son útiles en base a ello.
2. **ELEGIR BPA:** de entre todas las BPA identificada se seleccionan las más oportunas para el programa en curso.
3. **COMUNICACIÓN Y FORMACIÓN:** deben presentarse las BPA a todo el personal con las oportunas sesiones formativas o seminarios que se estimen oportunos.
4. **EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS:** deberá verificarse la eficacia del programa de BPA implantado, para determinar si está dando los resultados esperados. Para ello pueden usarse reuniones de círculo de calidad (similares al propuesto en la mejora nº 10) e indicadores específicos que suministrarán información cuantitativa acerca de consumo de recursos, residuos y demás aspectos relacionados.

6.14.2.3. Programa de BPA recomendado

A continuación se muestran algunas BPA recomendadas para el caso en estudio de la planta de composites en base a las observaciones realizadas durante el periodo de análisis; no obstante es necesario un estudio con mayor profundidad caso de aprobarse la propuesta para definir perfectamente un programa completo que abarque a toda la organización.

AGUA

- Realizar campañas de información y formación ente los empleados para el ahorro de agua durante el proceso productivo.
- Comprobar que los grifos no goteen.

- Comprobar que los sistemas de distribución de agua no tienen fugas.
- No usar el WC como papelera.
- Solicitar la realización de inspecciones de la instalación de fontanería para detectar posibles problemas (relacionado con el mantenimiento de las instalaciones).
- Instalar grifos con temporizador, de forma que no exista la posibilidad de que se queden abiertos.
- Limpiar cuando sea posible las zonas de almacenaje de útiles y demás mediante barredoras mecánicas para ahorrar agua en la limpieza.

ENERGÍA

- Realizar campañas de información y formación entre los empleados para el ahorro energético.
- Realizar auditorías del sistema eléctrico para optimizar el consumo.
- Aprovechar al máximo la iluminación natural y realizar un buen mantenimiento de la iluminación artificial.
- Sustituir dispositivos de alumbrado incandescente por sistemas basados en tubos fluorescentes o lámparas de bajo consumo.
- Instalar interruptores con temporizador en los servicios y zonas poco transitadas.
- No apagar ni encender con gran frecuencia los tubos fluorescentes, puesto que su mayor consumo de energía se produce durante el encendido.
- Realizar un mantenimiento completo y avanzado de los circuitos de refrigeración (cámara frigorífica, autoclave, etc.) para no despilfarrar energía.
- Usar los dispositivos de climatización sólo cuando sea necesario.

- Mantener las puertas y ventanas cerradas mientras funcionan los equipos de climatización.
- Mantener una temperatura aproximada de 20 °C en invierno y de 24 °C en verano.
- Usar el sistema de ahorro de energía de los equipos informáticos.
- Apagar la pantalla del ordenador cuando no se esté utilizando, pues es el hardware que mayor consumo presenta.
- Apagar el ordenador si va a estar inactivo más de una hora.
- Apagar los ordenadores, impresoras y demás aparatos eléctricos una vez finalice la jornada de trabajo.

PRODUCTOS QUÍMICOS

- Trabajar con materiales y suministradores con certificación ambiental.
- Conocer el significado de las distintas etiquetas y certificaciones de los productos.
- Asegurarse que los productos químicos que se emplean en la limpieza de las instalaciones poseen la certificación de baja agresividad ambiental.
- Conocer perfectamente los productos que se utilizan y los riesgos que presentan no sólo para la salud (siguiente propuesta de mejora) sino también para el entorno.

6.14.3. Mejora del sistema de gestión de residuos

La gestión de residuos es uno de los aspectos fundamentales de cualquier empresa del ámbito productivo, ya que durante el proceso aparecen desechos de materiales que deben ser eliminados, para lo cual existe el citado sistema de gestión. Sin embargo, la realidad existente a nivel de planta en la organización es distinta, ya que a pesar de que se tiene

conciencia de la importancia de la gestión medioambiental, el procedimiento por el cual se clasifican los distintos tipos de residuos que pueden producirse no está claro, por lo que los trabajadores no suelen saber dónde tirar cada tipo de residuo ya que no tienen clara la clasificación de los mismos.

Se propone para ello el establecimiento de un "código de colores" para la gestión de residuos que se incluya etiquetado en los distintos contenedores destinados a dicho efecto, y cuya leyenda aparezca claramente definida en un cartel visible dispuesto en los distintos tableros de información de los que debe disponer la empresa. De este modo se conseguirá que cualquier persona de la organización de un simple vistazo sepa dónde tiene que colocar un determinado residuo, agilizándose la gestión de los mismos.

El código de colores que se propone es el siguiente:

- ROJO (residuos peligrosos): trapos y otros restos de preimpregnados, envases metálicos y plásticos contaminados, restos de disolvente, etc.
- AMARILLO (inertes): chatarra metálica y de fibra, plásticos y embalaje.
- AZUL (papel y cartón): deberán encontrarse limpios, sin restos de otro tipo de residuo, por ejemplo de residuos orgánicos, en cuyo caso se incluirían en esa categoría.
- GRIS (residuos sólidos urbanos): restos orgánicos de comidas.

El sistema debe ampliarse a través de un estudio completo por parte del responsable del SGMA, incluyéndose nuevas categorías y ampliándose alguna de las recomendadas. El formato usado para los carteles de información de residuos puede ser similar al de los carteles creados para la propuesta de mejora nº 10, capaces de llamar la atención.

6.15. PROPUESTA DE MEJORA Nº 13

MEJORA DEL SISTEMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES	
Situación actual	Progresiva mejora del sistema de prevención como consecuencia de la certificación OHSAS 18001. Falta de formación de los operarios (mejora nº 1), carencia de fichas de seguridad de los productos manejados a pie de planta para consulta, y ausencia definida de rutas de evacuación. Falta de señalización de la localización de los distintos extintores de incendios.
Desperdicios existentes	Desperdicio de Recursos Humanos.
Áreas a las que afecta	Toda la organización.
Situación deseable	Mayor motivación de los operarios en su trabajo diario como consecuencia de una mejora en las condiciones de seguridad. Formación adecuada y e información que solvente los problemas de la situación actual (fichas, rutas y situación de extintores).
Herramientas de mejora	Kaizen / El Factor Humano / Tableros de información.
Beneficios deseados	Mayor seguridad y motivación de los trabajadores.
Responsable/s	Responsable de prevención.
Propietario	Director general.
Plazo de implantación	Progresivo en relación a la certificación. Priorización Lean baja por el buen estado de funcionamiento del Sistema de Prevención de Riesgos Laborales implantado excepto en los pocos aspectos comentados.

6.15.1. Introducción

En vista de que la organización pretende obtener la certificación OHSAS 18001 de prevención como se comentó en la etapa de análisis, el estado del Sistema de Prevención de Riesgos Laborales está inmerso en un progresivo proceso de mejora, corrigiéndose todas las desviaciones existentes para así poder conseguir la certificación. No obstante, existen algunos puntos que se han detectado susceptibles de ser mejorados al margen de las necesidades planteadas por la citada normativa:

- Falta de formación de los operarios en lo referente a prevención de riesgos laborales, así como seguridad y salud en el trabajo. Los objetivos formativos propuestos en este aspecto se estudiaron en la propuesta de mejora nº 1.
- Carencia de las fichas de seguridad de los productos químicos que utilizan en la producción a pie de planta a disposición de quien desee consultarlas.
- Carencia de rutas de evacuación definidas en las diferentes áreas de la planta de producción.
- Falta de planos de situación de los distintos extintores en toda la planta. Se dispone de los extintores pero no se ha definido un documento que indique la ubicación de cada uno de ellos.

6.15.2. Fichas de seguridad de los productos utilizados

Los productos químicos que intervienen en el proceso de fabricación entrañan un gran riesgo para la salud, por lo que es necesario que tanto los operarios como los jefes los conozcan perfectamente y dispongan de toda la información relativa a seguridad fácilmente accesible en todo momento. Es por ello que se propone que, junto a los productos químicos de este tipo, se incluya su ficha de seguridad correspondiente, de modo que los trabajadores

puedan disponer de ella cuando sea preciso. Además, debe informárseles de cada producto y sus riesgos, no simplemente colocar las fichas en la ubicación del producto; los aspectos más importantes relativos a seguridad cuando trabajen con ellos deben conocerlos sin necesidad de recurrir a las fichas. Éstas se situarán de modo que permanezcan siempre en el mismo lugar, para evitar extravíos y que se vuelva de este modo a la situación anterior.

Los productos sensiblemente peligrosos y que intervienen en el proceso son:

- Frekote (agente desmoldeante).
- MEK, Metil-etil-cetona (disolvente).
- Tejido preimpregnado (prepeg.).
- Resina Epoxy.

La información de seguridad que debe situarse junto a los productos obtenida directamente de las correspondientes fichas técnicas se recoge en el anexo X a la memoria descriptiva para los 4 productos citados.

6.15.3. Establecimiento de rutas de evacuación y distribución en planta de extintores de incendios

Pese a que existen un gran número de procedimientos de prevención, incluido uno de evacuación de la planta, no existe en las áreas de producción ni en las oficinas un layout donde aparezca la ruta de evacuación dependiendo de la ubicación. Deben distribuirse en diversos tableros de información una serie de layouts donde para cada área de la empresa se defina perfectamente la ruta a seguir para evacuar la planta. A pesar de que a priori pueda resultar intuitiva en una planta de pequeño tamaño como la que es objeto de este estudio, debe tenerse presente que puede darse el

caso de personas que no tengan el suficiente conocimiento de la misma, visitas de clientes, proveedores, etc., y que tal información resulta de vital importancia en un servicio de prevención.

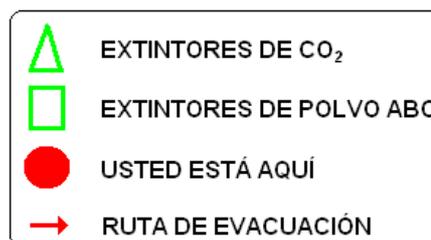
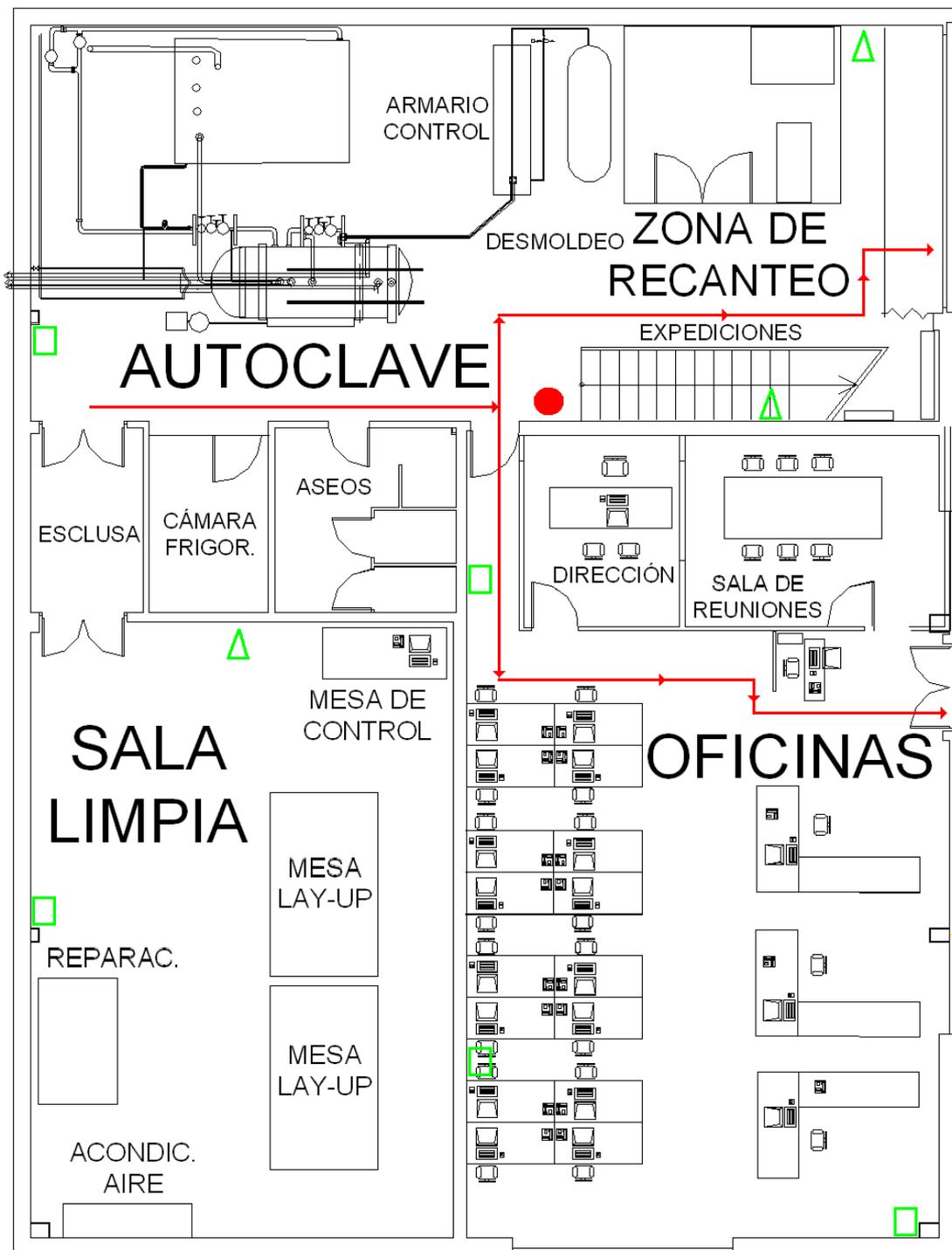
Asimismo, en la misma distribución debe indicarse claramente la distribución de los extintores de incendios a los que la legislación obliga a una industria de este tipo.

En la planta existen dos tipos de extintores:

- Extintores de CO₂: los extintores de dióxido de carbono son diseñados para proteger áreas que contienen riesgos de incendio Clase B (combustibles líquidos) y Clase C (combustibles gaseosos), así como fuegos de origen eléctrico (equipos eléctricos bajo tensión, Clase E).
- Extintores de polvo químico universal ABC: los extintores de polvo químico seco (ABC) son diseñados para proteger áreas que contienen riesgos de fuego Clase A (combustibles sólidos), Clase B (combustibles líquidos) y Clase C (combustibles gaseosos). Son apropiados para fuegos eléctricos (Clase E). De todos los agentes extintores es el de mayor efectividad, brindando una protección superior.

El responsable de prevención es el encargado de su distribución según la normativa vigente en la materia de protección contra incendios.

En la siguiente página se muestra el layout de la planta de composites donde se ha incluido la información relativa a estas mejoras de prevención. Supóngase que la situación del layout se encuentra justo al bajar las escalares de la planta superior; dependiendo de la ubicación en cada caso variará la ruta de evacuación.



ÍNDICE DEL PROYECTO: TOMO 2

	<u>Pág.</u>
ANEXOS A LA MEMORIA	343
ANEXO I: LOS 7 DESPERDICIOS DE LA FILOSOFÍA LEAN MANAGEMENT	344
1.1. Introducción	344
1.2. Los 7 (+ 2) desperdicios clásicos	346
1.2.1. Desperdicio por sobreproducción	346
1.2.2. Desperdicio por exceso de inventario	347
1.2.3. Desperdicio por reparación/rechazo de productos defectuosos	348
1.2.4. Desperdicio ocasionado por movimientos	349
1.2.5. Desperdicio por procesamiento	349
1.2.6. Desperdicio por tiempos de espera	350
1.2.7. Desperdicios por transportes	354
1.2.8. Desperdicio de recursos humanos	355
1.2.9. Desperdicio de capital	364
ANEXO II: HERRAMIENTAS DEL LEAN MANAGEMENT	365
2.1. Tormenta de ideas o "Brainstorming"	365
2.1.1. Introducción	365
2.1.2. Presentaciones	366
2.1.3. Fases de la tormenta de ideas	367
2.1.4. El equipo de la tormenta de ideas	367
2.1.5. Los participantes en la tormenta de ideas	368
2.1.6. Formas de emplear la tormenta de ideas	369
2.1.7. Etapas de la tormenta de ideas	370

2.2. Diagrama de Pareto	372
2.2.1. Introducción	372
2.2.2. Características principales	374
2.2.3. Diagrama de flujo del análisis de Pareto	376
2.3. Diagrama "Causa – Efecto"	377
2.3.1. Introducción	377
2.3.2. Características generales	378
2.3.3. Información del diagrama	378
2.3.4. Ejemplo sencillo de diagrama causa – efecto	379
2.3.5. Identificación de causas principales en procesos de manufactura	379
2.3.6. Diagrama de flujo para su construcción	382
2.3.7. Ejemplo de de diagrama causa – efecto para un proceso de producción con efecto sobre la calidad	383
2.3.8. Oportunidades de mejora	383
2.4. Kaizen	384
2.5. Kanban	394
2.5.1. Introducción a la gestión logística	394
2.5.2. El Kanban como sistema "pull"	396
2.5.3. Tipos de tarjetas Kanban	398
2.5.4. Funcionamiento del Kanban	399
2.5.5. Beneficios del Kanban	402
2.6. Poka-Yoke	404
2.7. Luces Andon y tableros de información	407
2.7.1. Las luces Andon	407
2.7.2. Ejemplos de Andon	408
2.7.3. Los tableros de información	409
2.7.4. Información de los tableros	411
2.8. Housekeeping	413
2.8.1. Introducción	413

2.8.2. Los 5 pasos del Housekeeping	415
2.8.3. Seiri (sort – separar)	415
2.8.4. Seiton (straighten – ordenar)	417
2.8.5. Seiso (scrub – limpiar)	418
2.8.6. Seiketsu (systematize – sistematizar)	419
2.8.7. Shitsuke (standarize – estandarizar)	420
2.9. JIT: Just in Time	422
2.9.1. Introducción	422
2.9.2. La productividad para innovar	423
2.9.3. La simplificación a través de la lucha contra el despilfarro	424
2.9.4. Cero stocks	425
2.9.5. Minimizar el mantenimiento	428
2.9.6. Producir sólo bajo pedido	429
2.9.7. Cero plazos	431
2.9.8. Cero defectos	434
2.9.9. Cero averías	435
2.9.10. Fraccionamiento de los lotes	436
2.9.11. Seguridad de las informaciones	437
2.9.12. Menos contabilidad	440
2.9.13. Flexibilidad	443
2.9.14. Dominio de múltiples procesos	444
2.9.15. Desarrollo de aptitudes y rotación de puestos de trabajo	445
2.10. TPM: Total Productive Maintenance	447
2.10.1. Introducción al mantenimiento	447
2.10.2. Tipos generales de mantenimiento	449
2.10.3. Introducción al TPM (Total Productive Maintenance)	452
2.10.4. Actividades del TPM para evitar anomalías en máquinas	453

2.10.5. Eliminación de pérdidas	455
2.10.6. Objetivos y pilares del TPM	457
2.11. SMED: Single Minute Exchange of Die	458
2.11.1 Introducción a la preparación y fiabilidad de máquinas	458
2.11.2. Nuevas tendencias en preparación de máquinas	459
2.11.3. Reducción de costes de preparación	460
2.11.4. El SMED como técnica de preparación	461
2.12. El Factor Humano	464
2.12.1. La mejora a través de las personas	464
2.12.2. Inteligencia	469
2.12.3. Imaginación	470
2.12.4. Emotividad	470
2.12.5. Motivación	471
2.12.6. Participación	488
ANEXO III: ESQUEMAS GRÁFICOS REFERENTES AL PROCESO PRODUCTIVO	490
3.1. Planificación de la producción	490
3.2. Operación en el área limpia	491
3.3. Operación en el área de autoclave	492
3.4. Operación en el área de recanteo	493
3.5. Preparación de envío y expedición	494
ANEXO IV: EL "VALUE STREAM MAP"	495
ANEXO V: TABULACIÓN DE DATOS OBTENIDOS DURANTE EL ANÁLISIS EN TIEMPO REAL	500
ANEXO VI: ENCUESTAS PARA EL PERSONAL DE LA DIVISIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS	505

ANEXO VII: ÓRDENES DE TRABAJO PARA EL SISTEMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	526
ANEXO VIII: FICHA TÉCNICA DE LA MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE DE TELAS	528
ANEXO IX: CARTELES DE CALIDAD	529
ANEXO X: FICHAS TÉCNICAS DE SEGURIDAD	535
10.1. Frekote	535
10.1.1. Identificación del producto	535
10.1.2. Información de la composición del producto	535
10.1.3. Identificación de riesgos	535
10.1.4. Información de primeros auxilios	535
10.1.5. Peligros de incendio y explosión	535
10.1.6. Medidas contra escapes accidentales	536
10.1.7. Manipulación y almacenamiento	536
10.1.8. Controles de exposición y protección personal	536
10.1.9. Propiedades físicas y químicas	537
10.1.10. Estabilidad y reactividad	537
10.1.11. Información toxicológica	537
10.1.12. Información ecológica	537
10.1.13. Información legislativa	538
10.2. MEK (Metil-Etil-Cetona)	538
10.2.1. Identificación del producto	538
10.2.2. Información de la composición del producto	538
10.2.3. Identificación de riesgos	538
10.2.4. Información de primeros auxilios	538
10.2.5. Peligros de incendio y explosión	539
10.2.6. Medidas contra escapes accidentales	539

10.2.7. Manipulación y almacenamiento	539
10.2.8. Controles de exposición y protección personal	540
10.2.9. Propiedades físicas y químicas	540
10.2.10. Estabilidad y reactividad	540
10.2.11. Información toxicológica	540
10.2.12. Información ecológica	541
10.2.13. Información legislativa	541
10.3. Tejido preimpregnado (prepeg Z-19.760)	541
10.3.1. Identificación del producto	541
10.3.2. Información de la composición del producto	542
10.3.3. Identificación de riesgos	542
10.3.4. Información de primeros auxilios	542
10.3.5. Peligros de incendio y explosión	542
10.3.6. Medidas contra escapes accidentales	543
10.3.7. Manipulación y almacenamiento	543
10.3.8. Controles de exposición y protección personal	543
10.3.9. Estabilidad y reactividad	544
10.4. Resina epoxy (8552)	544
10.4.1. Identificación del producto	544
10.4.2. Información de la composición del producto	544
10.4.3. Identificación de riesgos	545
10.4.4. Información de primeros auxilios	545
10.4.5. Peligros de incendio y explosión	545
10.4.6. Medidas contra escapes accidentales	546
10.4.7. Controles de exposición y protección personal	546
10.4.8. Propiedades físicas y químicas	547
10.4.9. Información toxicológica	547
10.4.10. Información ecológica	547
10.4.11. Información legislativa	548

ANEXO XI: GLOSARIO DE TÉRMINOS	549
ANEXO XII: BIBLIOGRAFÍA	553
ANEXO DIGITAL DVD: UNA MIRADA A LA PRODUCCIÓN DE COMPOSITES	557
DOCUMENTO Nº 2: PRESUPUESTO	558

ANEXOS A LA MEMORIA

ANEXO I: LOS 7 DESPERDICIOS DE LA FILOSOFÍA LEAN MANAGEMENT

1.1. INTRODUCCIÓN

Un proceso productivo hace uso de materias primas, máquinas, recursos naturales, mano de obra, tecnología, recursos financieros, etc., generando como resultado de su combinación productos o servicios que serán puestos por la empresa en cuestión en el mercado con el objetivo de lograr beneficios.

En toda etapa de un proceso debería agregarse valor al producto, y luego enviarse éste a la siguiente etapa. No obstante, esto no ocurre siempre así, de modo que en una misma etapa suele haber recursos que agregan valor al producto final (entendiéndose siempre el término "valor" en este proyecto como aquello por lo que el cliente está dispuesto a pagar, recuérdese que desde un enfoque Lean el cliente es el centro) y otros que no lo hacen.

El término "muda", que en japonés significa "desperdicio o despilfarro" implica a estas actividades que no agregan valor al producto y que, por tanto, deben ser eliminadas, o al menos reducidas en la medida de lo posible.

En el mercado actual una organización no puede permitirse el lujo de desperdiciar las capacidades, recursos, e inclusive más, desperdiciar las oportunidades de generar riqueza, pues es éste su principal objetivo, y todo lo que no contribuya a estar más cerca de él debe ser eliminado. Además, también se despilfarra algo de muy difícil contabilización y que es uno de los bienes más preciados en las organizaciones de hoy en día: el tiempo. Y es

que actualmente la gestión del tiempo y su mejor enfoque hacia el proceso productivo es objeto de múltiples análisis en las empresas, usándose para ellos entre otras metodologías como la gestión Lean Management. No hacerlo impide un mayor nivel para la empresa y todos sus integrantes, y además pone en peligro la continuidad de la misma y por tanto de sus puestos de trabajo. Es por todo ello que debe prestarse una atención muy especial al desperdicio en todas sus facetas, invirtiendo todos los recursos necesarios para eliminarlos.

Menores niveles de desperdicios implica mayor calidad, más productividad, menores costes y, por tanto, menores precios, lo que genera un mayor consumo por parte de los consumidores locales a priori, así como una mayor demanda extranjera, lo que implica mayor cantidad de puestos de trabajo y a su vez mayores ganancias para las empresas. Como puede apreciarse, combatir el despilfarro genera un círculo virtuoso o espiral de crecimiento favorable para cualquier organización que se precie.

En el contexto del presente proyecto de producción de materiales compuestos, "desperdicio" es todo aquella mala utilización de los recursos y/o posibilidades del proceso productivo, tales como horas de trabajo desperdiciadas por mala planificación de tareas, excesos de costos de producción, problemas de calidad, etc.

Según la gestión Lean, pueden identificarse 7 grandes tipos de desperdicios en las organizaciones, a los que, con la evolución de la metodología, se le añadieron 2 más, íntimamente relacionados con ellos y entre ellos mismos, pero todos igualmente importantes y percederos de estudios detallados como el que es objeto del proyecto.

1.2. LOS 7 (+ 2) DESPERDICIOS CLÁSICOS

- Desperdicio por sobreproducción.
 - Desperdicio por exceso de inventario.
 - Desperdicio por reparación/rechazo de productos defectuosos.
 - Desperdicio ocasionado por movimientos.
 - Desperdicio por procesamiento.
 - Desperdicio por tiempos de espera.
 - Desperdicio por transportes.
-
- Desperdicio de recursos humanos.
 - Desperdicio de capital.

Lógicamente estos 9 desperdicios no son exclusivos, es decir, sus límites o fronteras no están perfectamente definidos, por lo que todos guardan relación entre sí, y la incidencia que unos tienen en otros puede ser importantísima en sus efectos. Así, un exceso de producción conllevará un aumento de inventarios, problemas de transporte conducirán a excesos de movimientos, etc. Uno de los que más recíprocamente se interrelaciona con los demás es el despilfarro de capacidades humanas. Últimamente existe una clara tendencia en las organizaciones a replantearse los recursos humanos porque saben que gran parte del despilfarro que tiene lugar es consecuencia directa de la mala gestión del personal que trabaja en la empresa.

1.2.1. Desperdicio por sobreproducción

Identificado por la mayoría de los expertos en Lean Management como el peor de todos los desperdicios, el exceso de producción es un hecho en la mayoría de las empresas de la actualidad. Es producto entre

otros factores de errores en las previsiones de ventas, producción al máximo de la capacidad para aprovechar las capacidades de producción (mayor utilización de los costes fijos), lograr un óptimo de producción (menor coste total), superar problemas generados por picos de demandas o problemas de producción, etc. Usualmente se produce más porque se piensa que puede venderse más en un futuro o porque se esperan errores de calidad en forma de productos defectuosos (aquí puede observarse otra interrelación con otro despilfarro). Sea cual sea el motivo (normalmente la suma de la mayoría de esos factores que se han comentado), el coste total para la empresa es superior a los costes que en principio logran reducirse en el sector de las operaciones. En primer lugar están los costes de almacenamiento de esos productos "de más" (relación con despilfarro por inventarios), lo cual conlleva tanto el espacio físico como las tareas de manipulación, controles y seguros que deben llevar esos productos. Y en segundo lugar, principalmente deben considerarse los enormes costes financieros debidos al dinero con escasa rotación acumulado en altos niveles de sobreproducción almacenados.

1.2.2. Desperdicio por exceso de inventario

Tiene muchos motivos, y en él se computan tanto los inventarios de insumos, como de repuestos, productos en proceso e inventario de productos terminados. El punto óptimo de pedidos, como el querer asegurarse de insumos, materias primas y repuestos por problemas de huelgas, falta de recepción a término de los mismos, remesas con defectos de calidad y el querer aprovechar bajos precios o formar stocks ante posibles subidas de precios son algunos de los motivos que originan este importante factor de desperdicio. Además, muy habitualmente la sensación de la empresa es de no seguridad cuando no se tienen muchos productos disponibles.

En el caso de productos en proceso, se forman stocks para garantizar la continuidad de tareas ante posibles fallos de máquinas, tiempo de preparación y problemas de calidad. Todo esto conlleva problemas de impacto en los flujos económicos, tendrá que pagar más intereses, mayores gastos de almacenamiento, problemas de vencimiento, pérdidas de factores tanto cualitativos como cuantitativos, y muy a menudo el paso de moda (se vuelven obsoletos y dejan de ser económicamente aprovechables).

1.2.3. Desperdicio por reparación/rechazo de productos defectuosos

La necesidad de reacondicionar partes en proceso o productos terminados, como así también reciclar o destruir productos que no reúnen las condiciones óptimas de calidad, provocan grandes pérdidas. A ello deben sumarse las pérdidas generadas por los gastos de garantías, servicios técnicos, recambio de productos, y pérdida de clientes y ventas. Es lo que en materia de costes de no calidad se denominan "costes por fallos internos y costes por fallos externos".

Habitualmente, cuando se producen fallos en el proceso y, como consecuencia, en alguna parte del mismo se obtiene un producto de calidad no adecuada, éste hecho se registra y obviamente se detecta por los consecuentes controles de calidad, pero se acepta el error y el proceso sigue adelante, permitiéndose que pueda volver a ocurrir sin detenerse en por qué ocurrió y qué debe hacerse para que no vuelva a pasar. Es rara la ocasión es la que la organización hace un esfuerzo en mejorar la capacidad del proceso para evitar convivir con esos errores que repercuten directamente en los costes de no calidad.

1.2.4. Desperdicio ocasionado por movimientos

Se hace referencia con ello a todos los desperdicios y despilfarros originados en los movimientos físicos que el personal de la organización realiza debido entre otros motivos a una falta de planificación en materia ergonómica. Ello no sólo da lugar a una menor producción por unidad de tiempo, sino que además provoca cansancio y fatigas musculares en los trabajadores, lo que origina bajos niveles de productividad.

Una estación de trabajo mal diseñada es causa de que el personal malgaste energía en movimientos innecesarios. Así por ejemplo, situar los departamentos que prestas asistencia al trabajo de valor añadido en oficinas alejadas de las personas productoras de valor agregado aumenta los movimientos innecesarios. Las herramientas, los equipos, los materiales y las instrucciones que se necesitan para realizar el trabajo han de colocarse en el lugar más conveniente para que los operarios ahorren la mayor energía posible y la usen en agregar valor al producto que fabrican. En las empresas de categoría mundial, el personal de primera línea no ha de ir a buscar ayuda, sino que la reclama para que ésta vaya a ellos, aprovechándose así al máximo su potencial generador de valor.

1.2.5. Desperdicio por procesamiento

Ya se ha comentado anteriormente en este proyecto que la estanqueidad de un proceso de manufactura debe evitarse en todo momento. Cuando un proceso de este tipo no se renueva en mucho tiempo tiene lugar este desperdicio, la innovación debe ser una constante diaria en toda la empresa. Desperdicios de este tipo son generados por errores en materia de layout, disposición física de la planta y sus maquinarias, errores en los procedimientos de producción, así como errores en materia de diseño de productos y servicios. También ocurren cuando se detectan operarios

mirando el funcionamiento de una máquina sin hacer nada más, o la vuelta al funcionamiento tras una corta detención de la misma.

A pesar de que se diseñó un proceso de producción que en principio funcione perfectamente para lo que se diseñó, no debe quedarse en el olvido y no ser revisado en las ocasiones que sean necesarias, ya sea para la incorporación de mejoras en el diseño, modificaciones en la distribución en planta, sugerencias de equipos auxiliares que favorezcan una producción más eficaz, etc. Pocos aspectos del Lean Management están más en consonancia con el concepto de "mejora continua" que este.

1.2.6. Desperdicio por tiempos de espera

Merece una muy especial atención este desperdicio, ya que como se dice mucho hoy en día, "el tiempo es dinero", y no es una forma de hablar.

Las organizaciones buscar obtener unos beneficios mediante una combinación y gestión de una serie de factores que posee. El tiempo es prácticamente el único que está presente en todos los demás, y además en todos los ámbitos del día a día, no sólo laboral, sino cotidiano. La gestión del tiempo es uno de los ámbitos más estudiados por los expertos en administración y dirección de empresas de todo el mundo, porque gestionándolo de una forma adecuada pueden conseguirse objetivos inimaginables para algunas organizaciones actuales.

Cualquier ejecutivo, alto o bajo, empleado o no empleado, a tiempo completo o full-time, trabaja para obtener unos resultados, no para hacer tareas. Por ello podemos decir que el tiempo es un recurso con el que cuenta la dirección de las empresas. Los recursos disponibles vienen definidos por "6M + T", siendo "M" las iniciales en inglés de los recursos más comúnmente utilizados y "T" el preciado tiempo.

- Man (personas).
- Money (dinero).
- Materials (materiales).
- Machines (máquinas).
- Methods (métodos).
- Management (dirección – administración).

De los cuales, los más importantes, con diferencia, son las personas, el dinero y el tiempo, el cual es escaso, insustituible, irremplazable, irreversible e incomparable.

Se debe concienciar al personal de la organización de que el tiempo es un recurso y de que, por tanto, hay que economizarlo al máximo, pues los beneficios que se obtendrán, tanto para ellos como para la organización, serán de una cuantía enorme.

Para las personas:

- Disponer de más tiempo.
- Organizar mejor su trabajo.
- Trabajar más relajado.
- Ser más productivo.

Para las empresas:

- Mejorar el ambiente de trabajo.
- Mejorar las comunicaciones.
- Mejorar la planificación.
- Ser más productivos.

Son muchos los autores que han escrito sobre la incorrecta gestión del tiempo que es tan habitual en las organizaciones; la mayoría coincide en que las causas que llevan a esto son:

- La inexistencia de objetivos previamente definidos.
- No distinguir entre lo que es importante y lo que es urgente.
- La incorrecta gestión de la propia agenda de trabajo.
- Negación de la propia evidencia: no aceptar que una persona no puede hacerlo todo.
- La insuficiente delegación de tareas.
- Exceso de información para analizar o información desordenada, imprecisa o tardía.

La paradoja es que cuando el trabajo domina el horizonte de tiempo en una medida tan abrumadora, hay muchas probabilidades de que se esté siendo ni tan eficiente ni tan eficaz como se podía llegar a serlo con una vida más organizada. Una deficiente gestión del tiempo deja una sensación de frustración al final de la jornada. Las tareas no se han completado y deben dejarse para más adelante, o, aún peor, tenga que trabajarse hasta muy tarde para terminarlas. Luchar por mantener las tasas de rendimiento cuando ya se está cansado solamente produce estrés y trabajo de mala calidad.

Es por todo esto que las organizaciones deben disponer de una política muy concreta en lo que se refiere a la gestión del tiempo, marcando claramente las directrices a seguir para evitar que este recurso acabe colapsando toda la producción.

No hay dos personas que tengan exactamente la misma idea de lo que constituye la gestión perfecta del tiempo. La idea final es simplemente ver si la relación de la persona con el tiempo es buena, si le permite

responder a sus obligaciones profesionales, disfrutar de la compañía de sus seres queridos y cuidar bien de su activo más importante, la salud.

No hay un único modelo a gusto de todos sobre cómo gestionar el tiempo, pero hay una serie de principios básicos que se pueden aplicar a una gran variedad de circunstancias, como son:

- Planificar diariamente el tiempo disponible.
- Establecer objetivos y priorizar nuestras actividades: seleccionar los asuntos que nos aporten el máximo resultado.
- Programar actividades de ocio.
- Establecer fechas objetivo realistas y hacer un seguimiento de los progresos.
- Dividir los trabajos grandes en tareas realizables.
- Delegación de tareas.
- Aprender a decir “no”.
- Lista de prioridades.
- Evitar a los “ladrones de tiempo”.
- Encontrar atajos.

Es muy probable que cada cual pueda gestionar mejor su tiempo en la empresa en beneficio propio y de la misma, y si alguna vez se hace perder el tiempo a otros, eso también es sin duda evitable. Puede serse más eficaz tanto en el trabajo individual, como en las relaciones con clientes, jefes, colaboradores, compañeros y proveedores, sin renunciar claro está a unos siempre saludables instantes de relajación necesarios en cualquier actividad profesional.

En un proceso de producción como el que es objeto de este proyecto, los tiempos muertos o de espera suelen producirse debido a todos esas

razones comentadas con anterioridad, además de tiempo de preparación, los tiempos en que una pieza debe esperar a otra para continuar su procesamiento (evitables muchos de ellos), el tiempo de cola para su procesamiento, pérdida de tiempo por labores de reparaciones o mantenimientos, tiempos de espera de órdenes, tiempos de espera de materias primas o insumos, etc. Y, además, todos los que tienen lugar en las labores administrativas, no sólo en producción. Todo ello conlleva a enormes disminuciones de los niveles de productividad.

Uno de los casos más curiosos se da cuando se produce un error en una máquina y deja de funcionar. Es habitual encontrar a los operarios que necesitan que esa máquina funcione para desarrollar su labor sin hacer nada debido a la espera hasta su reparación. Es necesario lograr concienciar a toda la organización de que el tiempo no puede desaprovecharse, sea el de quien sea.

Lo mismo ocurre en máquinas automáticas cuando se observa su funcionamiento sin hacer nada más, algo que no agrega para nada valor al producto, y es un despilfarro de posibilidades en alguna otra área.

Se ha tratado en este anexo con especial profundidad el tema del despilfarro de tiempo por la importancia y presencia que ha desarrollado a lo largo de todo el proyecto, de modo que lo que siempre se buscó fue detectar y eliminar esos "cuellos de botella" que estancaban el proceso y daban como consecuencia pérdida de tiempo inaceptables en las organizaciones hoy día.

1.2.7. Desperdicios por transportes

Es el despilfarro vinculado a los excesos en el transporte interno, directamente relacionado con los errores en la ubicación de máquinas, y las relaciones sistémicas entre los diversos sectores productivos. Ello ocasiona

gastos por exceso de manipulación, lo cual lleva a una sobreutilización de mano de obra, transportes y energía, como así también de espacios para los traslados internos.

No cabe duda que el transporte de objetos es necesario en las operaciones, pero es algo que no agrega valor, por lo que debe minimizarse. Una forma de evitarlos es mejorando el layout de la planta.

1.2.8. Desperdicio de recursos humanos

Al igual que en el caso del desperdicio debido a tiempos de espera (en definitiva a la mala gestión del tiempo como se comentó), debe hacerse una mención especial a este "nuevo" desperdicio en la filosofía Lean, ya que está igualmente interrelacionado con todos los ámbitos empresariales del mercado actual, de modo que se verá con más profundidad como consecuencia de su enorme importancia en el desarrollo de este proyecto, ya que una ya no buena sino excelente gestión de recursos humanos es uno de los grandes pilares de la gestión Lean (a pesar de que curiosamente en sus inicios no los contemplaba de un modo tan directo), pues todos los demás desperdicios vienen influenciados por las personas que forman parte del proceso productivo, de su diseño, de su control, etc. No puede entenderse una función de producción en una empresa sin considerar a las personas, que son en definitiva el capital más importante de las mismas (esto también se relaciona con el siguiente desperdicio que se verá).

Hasta mitad de la década de los 70, los recursos humanos apenas habían tenido cabida en el pensamiento empresarial. Pero, a partir de entonces, su desarrollo ha sido y continúa siendo exponencial.

A principios de siglo se desarrolló lo que se ha dado en llamar el "management científico", creado por Taylor. En el pensamiento taylorista, la

visión de los trabajos empresariales era procesual. Todos los trabajos, si se analizan microscópicamente, son procesos, es decir, secuencias sistemáticas de acciones encadenadas cuyo final es un producto terminado.

- Se separa el pensamiento de la acción, es decir, los trabajadores, los que ejecutan el trabajo, no tienen responsabilidad alguna en la preparación de procesos y programas. No piensan, sólo ejecutan.
- Las remuneraciones son proporcionales a la producción obtenida.
- Para cada tarea se establece un tiempo tipo.
- La empresa está por tanto orientada al proceso y a la estandarización de los trabajos.

Fayol contempla la empresa desde un punto de vista más general. Descubre que la empresa no es producir exclusivamente, sino que existen otras funciones básicas cuya contribución al quehacer global de la misma es vital. Se especifican seis funciones fundamentales: producción, financiera, ventas, investigación, personal y administración. Entendida esta última como lo que hoy se conoce como "management". Desde el punto de vista de las personas, la empresa se concibe como una serie limitada de funciones especializadas estando orientadas a la función y a la estandarización de habilidades.

Pero las empresas no están hechas de un conjunto de piezas articuladas sino de personas. De tal manera que a la deshumanización de las empresas siguieron, como reacción, una serie de ideas que abrieron la vía a la psicología industrial, desarrollándose una idea más humana de la empresa. Así, Elton Mayo hace hincapié en la dependencia de la productividad industrial en la unión de pequeños grupos. Maslow argumenta que cada persona tiene una jerarquía de necesidades que tienen que ser satisfechas y que van desde los requerimientos fisiológicos básicos hasta el

amor, la estima y, finalmente, la propia realización; de tal manera que satisfecha una necesidad se pasa a la siguiente.



McGregor desarrolló lo que él llamó la teoría "X" e "Y" del individuo en la empresa. La teoría "X" es la que mantiene que el individuo tiende a la ley del mínimo esfuerzo, siendo fundamentalmente perezoso e irresponsable. La teoría "Y" mantiene que el individuo es básicamente trabajador y capaz de ser responsable. Ambas situaciones se dan en la práctica, estando la diferencia entre una y otra, en la forma de tratar a las personas, en la manera de motivarlas.

Y por último, Ouchi elaboró la teoría "Z" o teoría del clan industrial. En ella enfatiza que lo más importante para alcanzar el éxito es la cooperación y la participación de todos los miembros de la organización en la toma de decisiones.

Por tanto, el pensamiento empresarial ha evolucionado hacia la idea de que las personas que integran una empresa son un valor fundamental.

Sí el mercado actual demanda una gestión mucho más afinada, es necesario utilizar todos los recursos intelectuales disponibles, para tener éxito. Además en la sociedad actual los trabajadores aspiran a más, puesto que generalmente sus necesidades primarias las tienen cubiertas. Estos quieren participar, quieren saber, quieren controlar y en definitiva quieren también crear. Por lo tanto las compañías que han tomado conciencia de estos deseos y han intentado satisfacerlos son las que han conseguido, en un entorno saturado y altamente competitivo, las mayores cotas de éxito. Desatar el potencial de los recursos humanos es hoy una de las claves del futuro empresarial. El área de producción, por consiguiente, debe conseguir el compromiso, la involucración, de todo su personal, si quiere ser una ventaja competitiva para la empresa.

Algunos de los principios básicos de la gestión de recursos humanos tan necesaria para no despilfarrar todas las posibilidades que brindas son:

► INFORMACIÓN

Una empresa para tener éxito debe tener una filosofía y cultura corporativas que deben quedar plasmadas en la misión de la empresa. A continuación debe establecer sus objetivos con sus correspondientes estrategias para alcanzarlos. Ahora bien, ¿conoce el personal esos objetivos y esas estrategias? Más aún, ¿tiene la dirección o el director de producción la convicción de que es necesario y fundamental que el personal los conozca? Cuando se observan muchas empresas se llega a la conclusión de que esto se desconoce, de que existe un abismo entre la dirección y el personal.

La actitud clásica de la dirección es la de no informar o informar lo menos posible. Desde los tiempos de Taylor, pasando por Fayol, se ha considerado a las personas como máquinas en el trabajo. Pero este tipo de

actitudes hacen perder un gran potencial a las empresas, puesto que despilfarran una gran cantidad de sustancia gris, la de los empleados que trabajan en ella.

Por consiguiente esta actitud transparente hacia las personas que trabajan en la empresa es una de las armas para el éxito y, por supuesto, una garantía total de un entorno de trabajo más estimulante para todos.

► FORMACIÓN

Es impensable que un vendedor salga a vender un determinado producto sin conocerlo a fondo. Si no conoce sus características, para qué sirve, en qué es mejor que los de la competencia, etc., está condenado al fracaso. Esto mismo ocurre con cualquier otro empleado. Si no se forma a las personas se despilfarran sus capacidades profesionales. Los empleados de una empresa tienen que saber lo que hacen y porque lo hacen para desarrollar al máximo sus capacidades. Por lo tanto formar es potenciar a las personas y por consiguiente es aumentar la sustancia gris de la empresa, además de ser una de las motivaciones más poderosas que existen para promover la participación y en su estadio superior la implicación del personal.

Tradicionalmente la formación ha estado concentrada, en los casos en que se ha producido, en aumentar las habilidades específicas para el trabajo. En la actualidad si lo que se persigue es desarrollar personas, desarrollar su potencial, la formación tiene que ser integral. Por formación integral se entiende:

- Formación en conocimientos teóricos acerca del trabajo a desempeñar (en el aula).

- Formación en capacidades, en la práctica (formación en el puesto de trabajo).
- Formación en mejora de la moral. Este tipo de formación concierne fundamentalmente a los mandos.
- Formación en creatividad, mediante la enseñanza de técnicas como por ejemplo la tormenta de ideas.
- Formación en una serie de técnicas sencillas para la aplicación del sentido común a los problemas del trabajo. Entre estas técnicas se pueden citar el círculo de Deming, los 5 "¿por qué?" y las 5 S, principios relacionados básicamente con el orden y la limpieza de los puestos de trabajo.

En definitiva, la formación persigue como objetivo final cambiar la mentalidad de las personas que trabajan en la empresa en el sentido de desarrollar el deseo y la voluntad de mejorar, es decir, de hacer las cosas cada día mejor. Por lo tanto mediante la formación se consigue que la organización sea capaz de aprender, de evolucionar, y de hacer frente al cambiante mundo de las empresas actuales, lo cual implica una garantía de éxito y por tanto de futuro.

► CAPACIDAD DE DECISIÓN

Si lo que se persigue es la participación del personal y en un estadio superior su implicación, derivada de una formación y una educación superior, se debe tener claro que participar significa que los trabajadores son los propietarios de los procesos y que por lo tanto, se responsabilizarán de su eficacia y de su mejora continua. Precisamente deben tener esa capacidad de decisión para intervenir en el trabajo diario y para poder mejorar los procesos, recomponiéndolos o modificándolos, con el fin de hacerlos más eficientes.

► EL RECONOCIMIENTO

Las empresas que buscan y que consiguen unos rendimientos óptimos de sus empleados, de sus trabajadores, disponen de un sistema de recompensas que busca el crear una clara correlación entre el esfuerzo y la dedicación del individuo y su propio beneficio. Dichas recompensas pueden ser tanto económicas como morales, las económicas deben formar parte del sistema retributivo y no deben ser de carácter fijo. Asimismo, deben ser claramente discriminatorias y motivadoras en el sentido de la cuantía.

Las recompensas económicas se pueden fijar por la consecución de objetivos, más bien con carácter colectivo o de equipo que por acciones individuales. En el primer caso los objetivos a lograr deben estar imbuidos por los objetivos generales de la empresa, de tal manera que todo el mundo se sienta involucrado en ellos. También es importante destacar en este tema que la persona o el equipo ha de tener acción directa sobre los factores que inciden en los resultados.

Los sistemas de recompensas deben ser sencillos, fácilmente entendibles y transparentes, buscando generar una confianza profunda en las personas. La confianza de que su esfuerzo, dedicación y resultados, redundarán en su propio beneficio.

► RELACIÓN CON LOS MANDOS

Tradicionalmente el "Jefe de Producción" o "Director de Producción" sólo era responsable de la fabricación, pero en ningún caso lo era de la formación de sus mandos intermedios, de la motivación de sus jefes de línea o de los conflictos que surgen en las áreas de descanso por su acondicionamiento. En cualquiera de los ejemplos expuestos se acudía y se acude inmediatamente al "Jefe de Personal" para que los resuelva.

Actualmente el camino a desarrollar es justo el contrario. En una empresa que pretende involucrar a su personal, es fundamental para conseguirlo que los mandos realicen la gestión de su personal. De tal manera que el "Departamento de Personal" dará el apoyo especializado a todos los mandos, para que estos puedan desarrollar eficazmente la gestión de su personal, proporcionándoles la formación necesaria para que puedan ser buenos jefes de personal, de "su personal".

Los aspectos o puntos en los cuales deben intervenir los mandos como jefes de personal son:

- En la planificación de sus plantillas, llevándola a cabo en su ámbito de responsabilidad, tanto desde el punto de vista de su cantidad, como de su calidad.
- En la selección de personal, tanto en la fase de definición del puesto a cubrir, colaborando con el "Departamento de Personal", como en la selección final entre los candidatos.
- En el proceso de acogida de nuevos empleados, haciendo las presentaciones correspondientes a sus propios jefes y a sus compañeros, realizando una clara definición de funciones y del trabajo, preparando el periodo de formación requerido y sobre todo prestándoles el apoyo y la valoración inicial en sus primeros pasos dentro de la empresa.
- En la formación de las personas de las cuales son responsables, no solamente como impulsores de cursos, seminarios, etc., sino también como monitores en muchos de ellos.
- En la realización de la evaluación de desempeño, entendida ésta como un proceso mediante el cual los mandos repasan lo hecho por sus colaboradores en un período de tiempo, generalmente un año, hacen una crítica constructiva del desempeño y procuran ayudar a sus colaboradores a entender mejor sus objetivos y las

razones por las que los están o no cumpliendo, procurando poner remedio si algo está fallando. Las evaluaciones han de basarse en el análisis de dos aspectos de la gestión: la consecución de objetivos, centrada en datos lo más concretos posibles, y en los comportamientos y actitudes.

- Participando en la valoración de los puestos de trabajo, sabiendo que cada puesto tiene un valor teórico en la empresa, que este valor sería el compendio del valor que añade a la empresa y que es independiente de quien lo ocupa.

Para salir de un ciclo de estancamiento, en donde no solo basta producir para conseguir beneficios, porque el mercado está saturado y es preciso afinar en la gestión, es de vital importancia utilizar TODOS los recursos intelectuales disponibles, si además se tiene en cuenta que las personas necesitan un nuevo entorno de trabajo para sentirse felices, la empresa que logre desatar su potencial humano tendrá asegurado el éxito. Por lo tanto, y en este contexto, valores como honestidad, verdad y respeto, adquieren nuevo protagonismo, y la comunicación abierta y compartir conocimientos son claves del diseño estratégico.

Los nuevos modelos empresariales se basan en el conocimiento de que cuando las personas son liberadas de trabajos estrechos y fragmentados son capaces, con formación y educación, de responsabilizarse.

Debe comentarse que este apartado que se ha dedicado a los recursos humanos será complementario al del anexo II dedicado a las herramientas de gestión Lean, en el que se estudia (brevemente debido a su amplio desarrollo aquí) cómo enfocar la gestión de recursos humanos para mejorar el proceso de producción como una de dichas herramientas.

1.2.9. Desperdicio de capital

En general se distinguen 3 tipos:

- Capital físico: a su vez puede ser fijo (maquinaria) o circulante (materia prima).
- Capital humano: las personas que integran la organización.
- Capital financiero: patrimonio económico, acciones, etc.

Este último desperdicio contemplado por la filosofía Lean es, como puede observarse, un compendio de los anteriores; en realidad es otra manera de formular las mismas teorías que ya se han comentado, aunque se presenta aquí debido a la multitud de referencias bibliográficas que lo contemplan “individualmente”.

Hace referencia al desaprovechamiento del capital de a empresa en todas sus facetas cuando se dan problemas en la misma. De hecho, cuando se produce cualquier tipo de los despilfarros comentados con anterioridad, se traducen en definitiva en algún tipo de desperdicio de capital de alguno de los 3 grandes tipos, por ejemplo los tiempos de espera y cuellos de botella normalmente se traducen el desperdicios de capital físico (por las máquinas que se encuentran “esperando” para poder realizar su función), humano (mismo caso con los operarios que trabajan en el proceso) y financiero (todas esas pérdidas así como los tiempos muertos dan lugar a pérdidas económicas en la empresa debido a esas situaciones donde no se agrega valor al producto final).

ANEXO II: HERRAMIENTAS DEL LEAN MANAGEMENT

2.1. TORMENTA DE IDEAS O "BRAINSTORMING"

2.1.1. Introducción

La tormenta de ideas es sin duda el método creativo más conocido. Es una reunión o dinámica de grupo que emplea un moderador y un procedimiento para favorecer la generación de ideas. Se usa para ayudar a conseguir la participación de todos los miembros de un equipo, ya que la producción de ideas en grupo puede ser más efectiva que si se hace individualmente.

Mediante este sistema se trata primero de generar las ideas, y luego de evaluarlas.

Esta herramienta fue creada en el año 1941, por Alex F. Osborne, cuando su búsqueda de ideas creativas resultó en un proceso interactivo de grupo no estructurado que generaba más y mejores ideas que las que los individuos podían producir trabajando de forma independiente, como ya se ha comentado; dando oportunidad de sugerir sobre un determinado asunto y aprovechando la capacidad creativa de todos los participantes.

La reunión trata de crear un clima distendido que favorezca la comunicación y la participación de los asistentes. Es fundamental que el ambiente en el que se desarrolle la tormenta de ideas facilite y fomente la comunicación y la libre exposición de ideas por parte de cada participante. Además, es esencial que todos los miembros del equipo estén muy motivados, ya que la reunión debe resultar relajada, amena, e incluso divertida.

Así pues el entorno donde se desarrolle es fundamental para que se cree un clima donde los participantes no tengan ni reparos ni prejuicios en exponer sus ideas al resto del equipo.

Se fomenta la participación de todos los miembros del equipo, y en un principio no se critican las ideas de los demás por muy descabelladas que puedan parecer. Se trata de poner en juego la imaginación y la memoria de forma que una idea lleve a otra.

2.1.2. Presentaciones

La tormenta de ideas requiere cierta preparación previa, es decir, no debe comenzarse antes de tener disponibles ciertos recursos que, aunque relativamente fáciles de disponer, son esenciales para que pueda llevarse a cabo según su metodología.

Se debe disponer de un lugar en el que se pueda dialogar sin interrupciones y de forma relajada, una sala en la que los miembros del equipo puedan debatir y presentar sus ideas sin distracciones.

Lo ideal es contar con una pizarra a la vista de todos y elementos para escribir, así como Post-it. También puede utilizarse un panel donde se vayan colocando visiblemente todos los Post-it con las ideas que se van generando durante la sesión, y las posteriores relaciones entre las mismas.

Se convoca a todos los miembros estableciendo:

- Duración de la sesión.
- Problema que se trata de solucionar.
- Mecánica a utilizar.
- Cuestión en la que se centrará la actividad.

2.1.3. Fases de la tormenta de ideas

La reunión consta de dos fases bien diferenciadas:

- En la primera fase todos los miembros aportan ideas, pero no se permite ninguna crítica o juicio sobre dichas ideas. Entonces, a partir de las ideas iniciales propuestas por los distintos miembros del equipo se van generando nuevas rondas de ideas o ideas derivadas de las anteriores. El objetivo de esta primera fase es producir y disponer de un gran número de ideas distintas aunque puedan parecer inútiles o descabelladas.
- En la segunda fase y dirigidos por el "moderador", las ideas se seleccionan y se realiza el examen crítico de las mismas. La selección de ideas puede dejarse para una segunda reunión o incluso a veces es preferible que sea otro equipo el que seleccione y enjuicie de modo crítico las ideas sugeridas.

2.1.4. El equipo de la tormenta de ideas

Los miembros del grupo deben encontrarse motivados y relajados para exponer ideas sin ningún prejuicio. Se debe generar una cultura de innovación que no se limite a las ideas preconcebidas, y que vaya de este modo más allá proponiéndose cualquier sugerencia nueva por inverosímil que pueda parecer a priori.

Deben seguirse 4 reglas básicas:

- NINGUNA CRÍTICA

Es preciso evitar como se ha comentado las ideas preconcebidas y las expresiones que puedan bloquear la generación y expresión libre

de las ideas. Evitar los bloqueos que los hábitos, los procedimientos establecidos, la cultura y las normas ponen a la generación de ideas.

- **NO SER CONVENCIONAL**

No todo está inventado. Los procedimientos actuales pueden cambiar por otros que requieran menos tiempo, menos gastos, menos recursos o que contaminen mejor. No debe darse nada por sentado.

- **CUANTAS MÁS IDEAS MEJOR**

Mientras sigan surgiendo ideas durante la primera fase de una tormenta de ideas no debe cortarse ese flujo porque pueda pensarse que ya se tienen suficientes ideas para trabajar sobre ellas, sino que debe detenerse cuando ya no surjan nuevas ideas. Nunca debe descartarse ninguna idea pues cuantas más se tengan más posibilidades de solución del problema o de mejora se tendrán.

- **APOYARSE EN OTRAS IDEAS**

Debe aprenderse a partir de unas ideas para llegar a otras. A medida que los distintos miembros del equipo vayan sugiriendo ideas, debe pensarse sobre ellas y evaluar la posibilidad de alguna otra derivada del mismo principio que rige la idea anterior pero con alguna modificación.

2.1.5. Los participantes en la tormenta de ideas

- Un “moderador o facilitador”: se trata de una dinámica de grupo efectuada en un ambiente relajado y propiciando la comunicación de todos pero es imprescindible la existencia de un moderador que motive y que encauce la sesión. El director o moderador tiene que mantener la fluidez de la reunión, evitar las críticas a las ideas en

las primeras fases del proceso y favorecer la participación de todos.

- Los miembros del equipo: es aconsejable que sea un equipo interdisciplinar. El equipo no debe ser muy amplio, es recomendado que conste entre 5 y 7 componentes.

2.1.6. Formas de emplear la tormenta de ideas

Esta técnica puede ser empleada de 3 formas diferentes:

- NO ESTRUCTURADA (FLUJO LIBRE)
 1. Escoger a alguien para que sea el moderador y apunte las ideas.
 2. Escribir en un rotafolio o en un tablero una frase que represente el problema y el asunto de discusión.
 3. Escribir cada idea en el menor número de palabras posible.
 4. Verificar con la persona que hizo la contribución cuando se este repitiendo la idea.
 5. No interpretar o cambiar las ideas.
 6. Establecer un tiempo limite (aproximadamente 25 minutos, siempre y cuando no se detenga un posible buen flujo de nuevas ideas a las que siempre deben dársele minutos extra).
 7. Fomentar la creatividad.
 8. Construir sobre las ideas de otros.
 9. Nunca deben criticarse las ideas (ni el propio moderador).
 10. Revisar la lista para verificar su comprensión.
 11. Eliminar las duplicaciones, problemas no importantes y aspectos no negociables.
 12. Llegar a un consenso sobre los problemas que parecen redundantes o no importantes.

- **ESTRUCTURADA (EN CÍRCULO)**

Tiene las mismas metas que la no estructurada. La diferencia consiste en que cada miembro del equipo presenta sus ideas en un formato ordenado (por ejemplo de izquierda a derecha). No hay problema si un miembro del equipo cede su turno si no tiene una idea en ese instante.

- **SILENCIOSA (TORMENTA DE IDEAS ESCRITA)**

Los participantes piensan las ideas pero registran en papel sus ideas en silencio. Cada participante pone su hoja en la mesa y la cambia por otra hoja de papel. Cada participante puede entonces agregar otras ideas relacionadas o pensar en nuevas ideas. Este proceso continúa alrededor de 30 minutos y permite a los participantes construir sobre las ideas de otros y evitar conflictos o intimidaciones por parte de los miembros dominantes.

2.1.7. Etapas de la tormenta de ideas

1º) DESCUBRIR HECHOS

- Al menos con un día de antelación, el director comunica por escrito a los miembros del grupo sobre los temas a tratar.
- El director explica los principios de la tormenta de ideas e insiste en la importancia de tenerlos en cuenta.
- Precalentamiento: se comienza la sesión con una ambientación de unos 10 minutos, tratando un tema sencillo y no comprometido. Es una fase especialmente importante para los miembros sin experiencia.
- Planteamiento del problema: se determina el problema, delimitando, precisándolo y clarificándolo. A continuación se plantea el problema, recogiendo las experiencias que se poseen o consultando documentación. Cuando es complejo, conviene

dividirlo en partes. Aquí es importante la utilización de análisis, desmenuzando el problema en pequeñas partes y conectando lo nuevo y lo desconocido.

2º) PRODUCIR IDEAS

- Es la fase de la tormenta de ideas propiamente dicha.
- Se van aplicando alternativas. Se busca producir una gran cantidad de ideas, aplicando los principios que se han. Además, es útil cuando se ha trabajado mucho, alejarse del problema, pues es un buen momento para que se produzcan asociaciones. Muchas de las nuevas ideas serán ideas antiguas, mejoradas o combinadas con varias ya conocidas.
- Clausura de la reunión: al final de la reunión, el director da las gracias a los asistentes y les ruega que no abandonen el problema, ya que al día siguiente se le pedirá una lista de ideas que les puedan haber surgido.
- Se incorporan las ideas surgidas después de la reunión.

3º) DESCUBRIR SOLUCIONES

- Se elabora una lista definitiva de ideas, para seleccionar las que parecen más interesantes.
- La selección se realiza desechando las ideas que no tienen valor y se estudia si son válidas las que se consideran interesantes. Lo mejor es establecer una lista de criterios de conveniencia o no de cada idea.
- Se seleccionan las ideas más útiles y, si es necesario, se ponderan. Pueden realizarlo los mismos miembros del equipo o crear otros para esta tarea como ya se comentó.
- Presentación de las ideas seleccionadas: se presentan de forma atractiva, mediante el apoyo de soportes visuales.

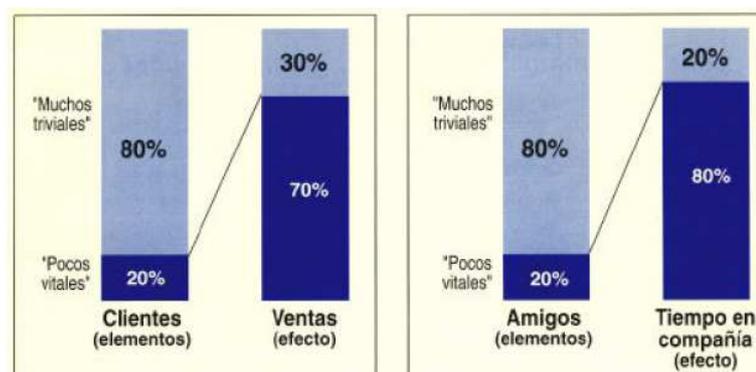
2.2. DIAGRAMA DE PARETO

2.2.1. Introducción

El diagrama de Pareto es una herramienta del análisis de frecuencia que representa un histograma de frecuencia acumulada. Es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto.

El principio de Pareto dice que "en todo grupo de elementos o factores que contribuyen a un mismo efecto, unos pocos son responsables de la mayor parte de dicho efecto". Es decir, hay muchos problemas sin importancia frente a sólo unos cuantos graves.

Se establece que la probabilidad de que ocurra el problema es debida en un 80 % a un nº reducido de causas (en torno a un 20 %), por ello es conveniente aplicar sólo medidas correctoras a las causas más frecuentes que originan los problemas en ese 80 %.



Por tanto su objetivo es clasificar dichos elementos o factores en dos categorías: los "pocas vitales" (los elementos muy importantes en su contribución) y los "muchos triviales" (los elementos poco importantes en ella).

En el diagrama se ordenan las causas por orden decreciente de frecuencia acumulada. Los "pocos vitales" aparecen a la izquierda de la gráfica, y los "muchos triviales" a la derecha.

La escala vertical es para el coste en unidades monetarias, frecuencia o porcentaje.

La gráfica es muy útil al permitir identificar visualmente en una sola revisión tales minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar acabo una acción correctiva sin malgastar esfuerzos.

Algunos ejemplos de los "pocos vitales" son:

- La minoría de clientes que representan la mayoría de las ventas.
- La minoría de productos, procesos, o características de la calidad causantes del grueso de desperdicio o de los costes de reelaboración.
- La minoría de rechazos que representa la mayoría de quejas de la clientela.
- La minoría de vendedores que está vinculada a la mayoría de partes rechazadas.
- La minoría de problemas causantes del grueso del retraso de un proceso.
- La minoría de productos que representan la mayoría de las ganancias obtenidas.
- La minoría de elementos que representan al grueso del coste de un inventario.

2.2.2. Características principales

- **PRIORIZACIÓN**

Identifica los elementos que más peso o importancia tienen dentro de un grupo.

- **UNIFICACIÓN DE CRITERIOS**

Enfoca y dirige el esfuerzo de los componentes del equipo de trabajo hacia un objetivo prioritario común.

- **CARÁCTER OBJETIVO**

Su utilización fuerza al equipo de trabajo a tomar decisiones basadas en datos y hechos objetivos, y no en ideas subjetivas.

- **SIMPLICIDAD**

Tanto la tabla como el diagrama de Pareto no requieren ni cálculos complejos ni técnicas sofisticadas de representación gráfica.

- **IMPACTO VISUAL**

El diagrama de Pareto comunica de forma clara, evidente y “de un vistazo” el resultado del análisis de comparación y priorización.

Pareto es una herramienta de análisis de datos ampliamente utilizada y es por lo tanto útil en la determinación de la causa principal durante un esfuerzo de resolución de problemas. Este permite ver cuáles son los problemas más grandes, permitiéndoles a los grupos establecer prioridades. En casos típicos, los pocos (pasos, servicios, ítems, problemas, causas) son responsables en la mayor parte del impacto negativo sobre la calidad. Si se centra la atención en estos pocos vitales, puede obtenerse la mayor ganancia potencial de los esfuerzos por mejorar la calidad.

Un equipo puede utilizar el diagrama de Pareto para varios propósitos durante un proyecto para lograr mejoras:

- Para analizar las causas.
- Para estudiar los resultados.
- Para planear una mejora continua.
- Son especialmente valiosas como fotos de "antes y después" para demostrar qué progreso se ha logrado. Como tal, el diagrama de Pareto es una herramienta sencilla pero poderosa.

Un ejemplo de tabla y diagrama de Pareto relativo al nº de veces que se producen una serie de errores es el siguiente:

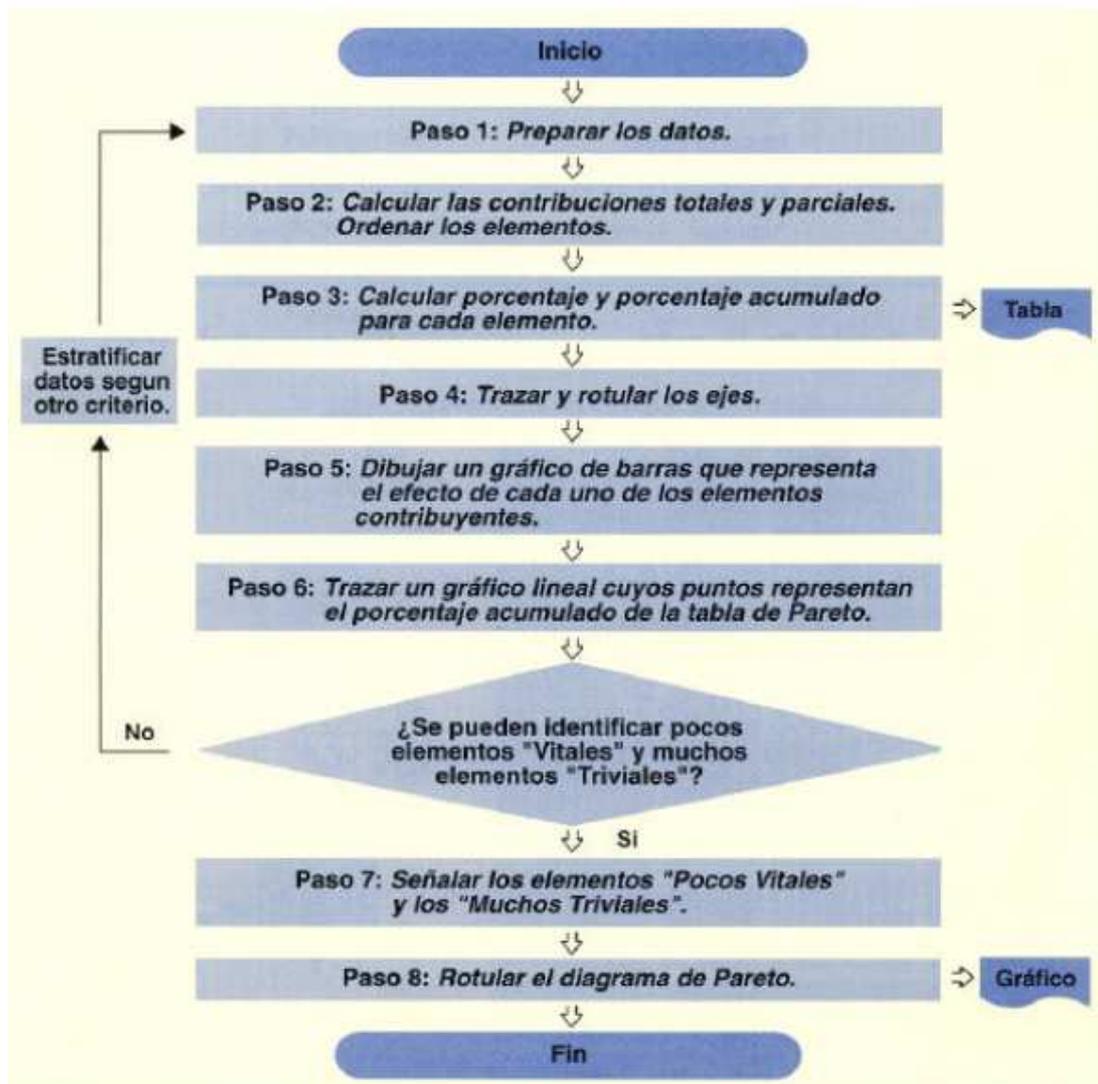
Tabla de Pareto

Tipo de error	Número de errores	% del total	% acumulado del total
E	44	30%	30%
B	39	27%	57%
C	35	24%	81%
F	12	8%	89%
D	8	6%	95%
A	3	2%	97%
H	3	2%	99%
I	2	1%	100%
G	0	0%	100%
TOTAL	146	100%	

Diagrama de Pareto



2.2.3. Diagrama de flujo del análisis de Pareto



El análisis de Pareto, a pesar de su sencillez, sigue siendo una de las herramientas fundamentales en cualquier proceso de mejora continua, incluida la disciplina Lean Management, de modo que, unido a la herramienta propia del Lean estudiada en el anexo IV (Value Stream Map), permiten comenzar el proceso de estudio de esta metodología.

2.3. DIAGRAMA “CAUSA – EFECTO”

2.3.1. Introducción

También conocido como “diagrama de Ishikawa” (en referencia a su desarrollador) o “diagrama de espina de pescado” (por su parecido con el esqueleto de un pescado), el diagrama de causa – efecto es la representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto).

Este diagrama debe utilizarse cuando se da respuesta afirmativa a alguna de las siguientes cuestiones:

- ¿Es necesario identificar las causas principales de un problema?
- ¿Existen ideas y/u opiniones sobre las causas de un problema?

Un diagrama causa – efecto facilita recoger las numerosas opiniones expresadas por el equipo sobre las posibles causas que generan el problema. Se trata de una técnica que estimula la participación e incrementa el conocimiento de los participantes sobre el proceso que se estudia.

Esta es una herramienta muy estrechamente relacionada con la tormenta de ideas analizada previamente, ya que permite disponer de un gran número de opiniones sobre las posibles causas de un efecto concreto, de modo que puede irse construyendo el diagrama a partir de las conclusiones obtenidas en la tormenta de ideas.

Su utilización será beneficiosa para el desarrollo de los proyectos abordados por los equipos y grupos de mejora, y por todos aquellos individuos y organismos implicados en la mejora de la calidad.

2.3.2. Características generales

- IMPACTO VISUAL

Muestra las interrelaciones entre un efecto y sus posibles causas de forma ordenada, clara, precisa y de un solo golpe de vista.

- CAPACIDAD DE COMUNICACIÓN

Muestra las posibles interrelaciones causa – efecto permitiendo una mejor comprensión del fenómeno en estudio, incluso en situaciones muy complejas.

- CENTRA LA ATENCIÓN

Dirige la atención de todos los componentes de un equipo o grupo en un problema específico de forma estructurada y sistemática.

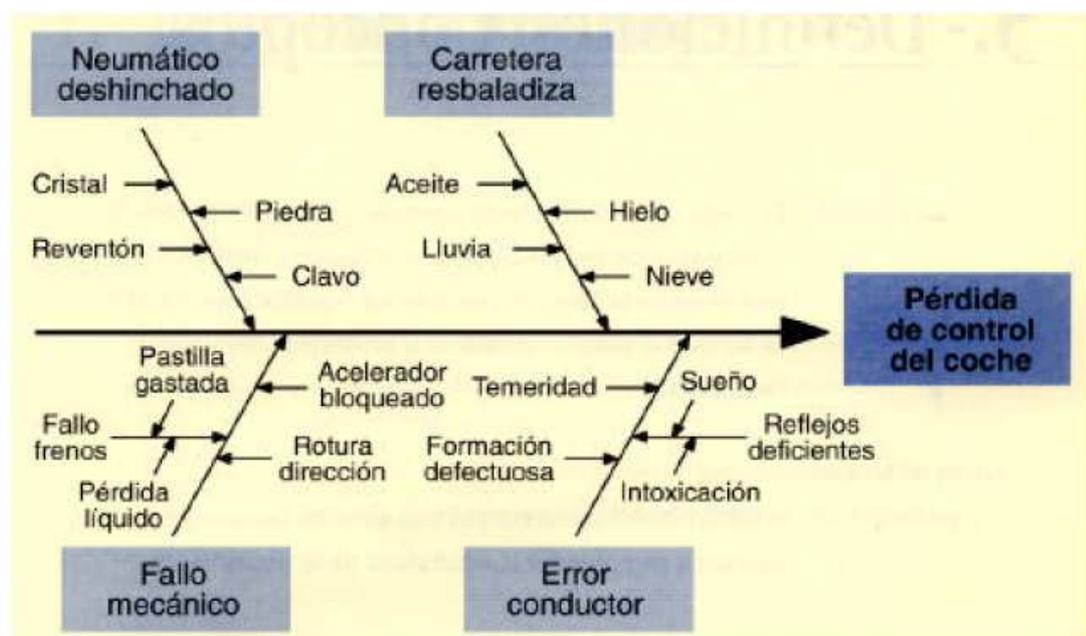
2.3.3. Información del diagrama

- El problema que se pretende diagnosticar.
- Las causas que posiblemente producen la situación que se estudia.
- Un eje horizontal conocido como espina central o línea principal.
- El tema central que se estudia se ubica en uno de los extremos del eje horizontal. Este tema se encierra en un rectángulo. Es frecuente que este rectángulo se dibuje en el extremo derecho de la espina central.
- Líneas o flechas inclinadas que llegan al eje principal. Estas representan los grupos de causas primarias en que se clasifican las posibles causas del problema en estudio.
- A las flechas inclinadas o de causas primarias llegan otras de menor tamaño que representan las causas que afectan a cada una

de las causas primarias. Estas se conocen como causas secundarias.

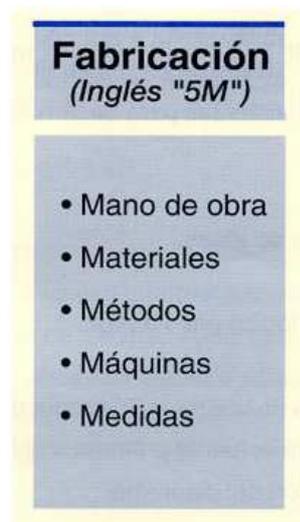
- El diagrama debe llevar información complementaria que lo identifique. La información que se registra con mayor frecuencia es la siguiente: título, fecha de realización, área de la empresa, integrantes del equipo de estudio, etc.

2.3.4. Ejemplo sencillo de diagrama causa – efecto



2.3.5. Identificación de causas principales en procesos de manufactura

La gran mayoría de los equipos y grupos de trabajo que realizan diagrama de este tipo en empresa dedicadas a la producción comienzan utilizando las "5M", y después de analizar más en detalle el resultado, agrupan las causas de forma más adecuada a su propio problema.



- **MANO DE OBRA**

En este grupo se incluyen los factores que pueden generar el problema desde el punto de vista del factor humano. Por ejemplo, falta de experiencia del personal, salario, grado de entrenamiento, creatividad, motivación, pericia, habilidad, estado de ánimo, etc.

- **MATERIALES**

Se tienen en cuenta las causas que generan el problema desde el punto de vista de las materias primas empleadas para la elaboración de un producto. Por ejemplo: causas debidas a la variación del contenido mineral, pH, tipo de materia prima, proveedor, empaque, transporte, etc. Estos factores causales pueden hacer que se presente con mayor severidad una falla en un equipo.

- **MÉTODOS**

Se registran en esta espina las causas relacionadas con la forma de operar el equipo y el método de trabajo. Son numerosas las averías producidas por estrelladas de los equipos, deficiente operación y falta de respeto de los estándares de capacidades máximas.

- MÁQUINAS

En esta clase de causas se agrupan aquellas relacionadas con el proceso de transformación de las materias primas como las máquinas y herramientas empleadas, efecto de las acciones de mantenimiento, obsolescencia de los equipos, cantidad de herramientas, distribución física de estos, problemas de operación, eficiencia, etc.

- MEDIDAS

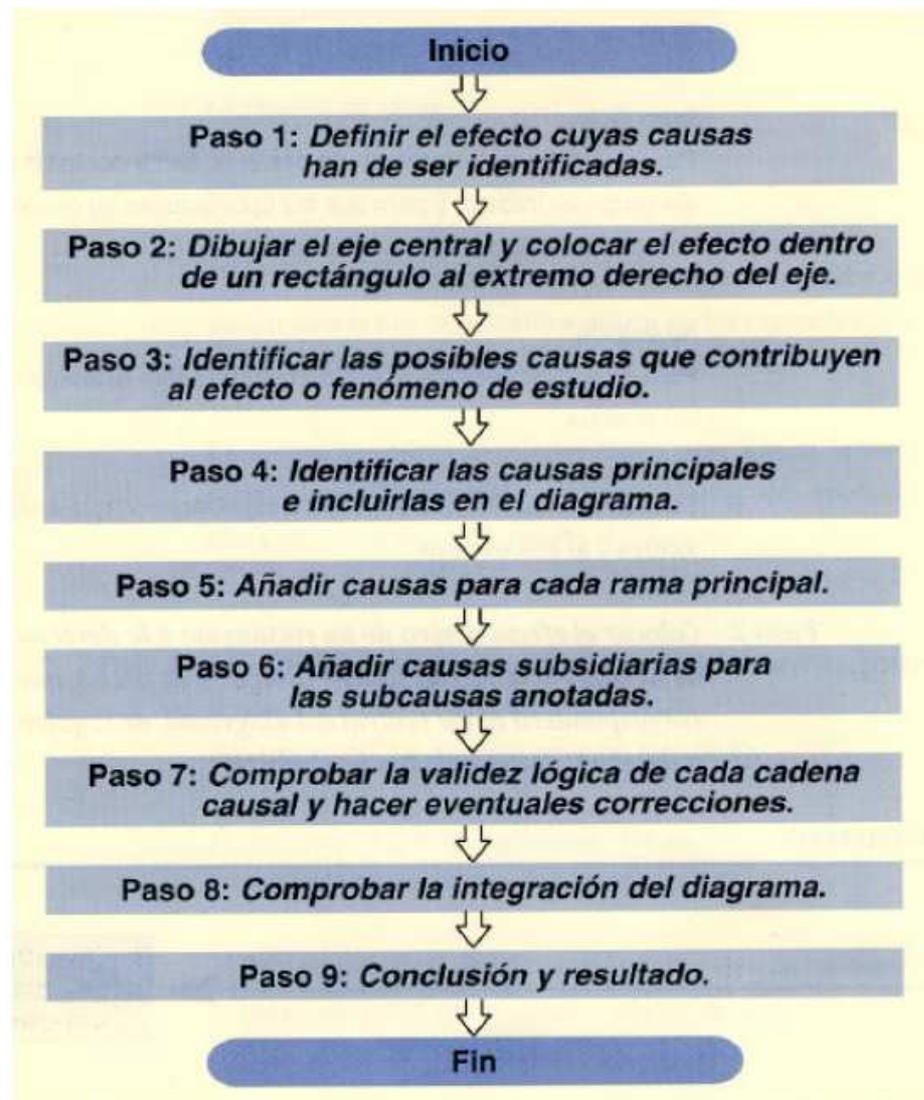
Frecuentemente en los procesos industriales los problemas de los sistemas de medición pueden ocasionar pérdidas importantes en la eficiencia de una planta. Es recomendable crear un nuevo grupo de causas primarias para poder recoger las causas relacionadas con este campo de la técnica. Por ejemplo: descalibraciones en equipos, fallas en instrumentos de medida, errores en lecturas, deficiencias en los sistemas de comunicación de los sensores, fallas en los circuitos amplificadores, etc.

Aunque no están recogidas en las "5M", una causa muy habitual de problemas suele ser el ENTORNO, donde se incluyen aquellas causas que pueden venir de factores externos como contaminación, temperatura del medio ambiente, altura de la ciudad, humedad, ambiente laboral, etc.

Por ser una ordenación de relaciones lógicas, el diagrama causa – efecto es una herramienta muy utilizada para:

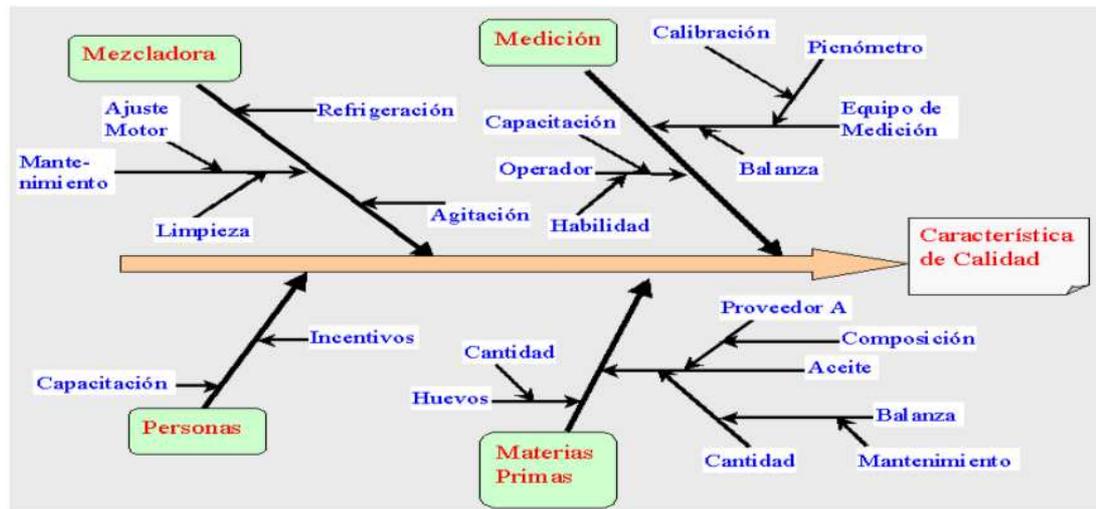
- Obtener teorías sobre relaciones causa – efecto en un proceso lógico paso a paso.
- Obtener una estructuración lógica de muchas ideas "dispersas", como una lista de ideas obtenida a través de una tormenta de ideas.

2.3.6. Diagrama de flujo para su construcción

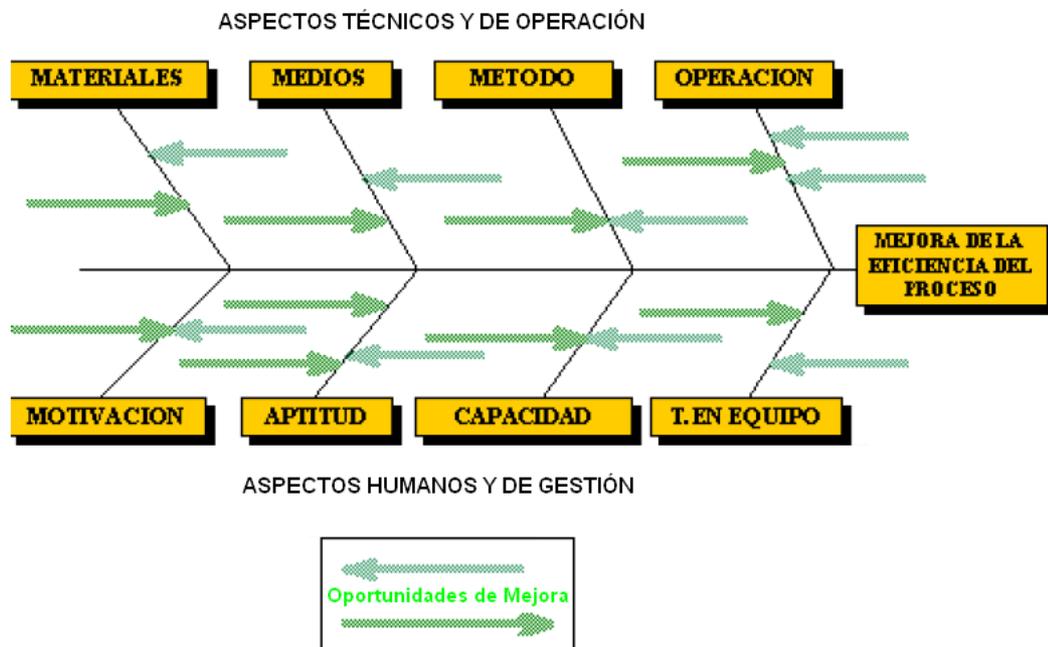


Un diagrama causa – efecto es de por si educativo, sirve para que el personal conozca en profundidad el proceso con que trabaja, visualizando con claridad las relaciones entre los efectos y sus causas. Sirve también para guiar las discusiones, al exponer con claridad los orígenes de un problema de calidad. Y permite encontrar más rápidamente las causas asignables cuando el proceso se aparta de su funcionamiento habitual.

2.3.7. Ejemplo de de diagrama causa – efecto para un proceso de producción con efecto sobre la calidad



2.3.8. Oportunidades de mejora



2.4. KAIZEN

Una definición para este concepto muy aceptada en la bibliografía lo define como una forma de mejorar la productividad que proviene de dos vocablos japoneses, "kai", que significa "cambio"; y "zen", que se interpreta como lo mejor en un sentido tanto espiritual como físico.



Hasta hace tiempo, la calidad en las empresas consistía sólo en cumplir las exigencias en cuanto al uso que el cliente tenía sobre el producto o servicio brindado por la misma. Sin embargo, el gran crecimiento producido no sólo en el campo laboral, sino en todos los aspectos de la vida, ha provocado que los estándares antiguamente considerados como de excelencia ahora pasen a ser considerados como mediocres o simplemente fuera del juego de la competencia.

Para nadie es desconocido que estos cambios de actitudes han sido transmitidos desde un país que si se remontara la vista años atrás y se establecieran conclusiones acerca del nivel competitivo que sus productos o servicios ofrecían al cliente, lo primero que se mencionaría es baja calidad, desechables, obsoletos y anticuados. Sin embargo, todavía existen personas involucradas en los negocios que se preguntan cuál fue la fórmula mágica

que transformó a un país limitado en muchos aspectos a ser el pivote que marcara la pauta a seguir por todas las empresas consideradas como de primer nivel, y que ahora presenta un sinfín de características en sus productos que se pueden englobar en: calidad, eficiencia, utilidad e innovación; habiendo llegado de este modo a la cima del mundo empresarial y, más concretamente, de los procesos manufacturados.

El aspecto clave de todas las empresas que se encuentran estancadas en el pasado y que no les permite avanzar en el turbulento mercado actual puede sintetizarse en una palabra: actitud. Actitud para reconocer y aceptar que se tienen imperfecciones en todas las áreas que conforman una empresa; para reconocer responsabilidades sobre las mismas; para enfrentar el reto de comenzar de cero en casi todos los aspectos con la intención de mejorarlos; para cometer errores y saber que no se tienen que repetir para lograr un nivel competitivo. Todas estas actitudes son las que escasean en un gran número de empresas hoy en día, volviéndose éstas estancas y lentas en su evolución, empresas conformistas que creen que ya no deben seguir innovando en un entorno en el que ese hecho puede conducirlos a la perdición.

Siempre existirán administradores de empresas que le den la vuelta a esta realidad, escudándose en la terquedad de que la cultura japonesa es muy diferente en todos los aspectos a la de sus propios países, y que no deben dejarse guiar por ideas tan distintas a las que siempre han tenido. Prefieren conservar su competencia a nivel nacional, a nivel regional e incluso a nivel local, el cual si bien les deja rendimientos económicos, les da muy poca satisfacción ya no sólo como empresa, sino también como personas. Este es el verdadero punto de partida, el comenzar de nada, el haber llegado a una semi-meta para comenzar la carrera a la segunda, a la tercera o a la que sea con tal de sentir el gusto de competir realmente, no sólo participar y de conformarse con lo que se tiene.

La filosofía o ideología que como país tiene Japón recientemente se bautiza con una sola palabra que engloba su forma de vivir y de mirar hacia el futuro, un concepto que recoge su visión de los procesos y del mundo empresarial en general: KAIZEN. El mensaje de la estrategia de Kaizen es que no debe pasar un día sin que se haya hecho alguna clase de mejora en algún lugar de la compañía. Este es en definitiva el objetivo principal del Kaizen, la mejora continua diaria en todos los aspectos que forman una organización a través del uso de todos los recursos de que se disponen.

La traducción de esta palabra está contenida en muchas corrientes tanto filosóficas como religiosas, de modo que en cualquier país involucrado en la "revolución" Kaizen se adapta a su propia cultura. Toda corriente religiosa ha pregonado de una u otra forma la necesidad de ser mejores como personas día a día y evitar cometer los mismos errores. Así que no es válida la excusa que se comentó anteriormente, no debe permitirse el estancamiento empresarial con la mirada permanente en el pasado o aún en el presente, debe analizarse éste y enfocarse los esfuerzos en las mejoras futuras que harán que la empresa mantenga los niveles de competitividad necesarios para subsistir en el mercado.

Quizás el error que se comete al intentar comprender el concepto Kaizen es que los encargados de involucrar a sus empresas en dicha ideología piensan que ésta resolverá todos sus problemas cuando ni siquiera saben qué es lo que están haciendo mal, o qué es lo que se necesita mejorar. El punto de partida para la mejora es reconocer la necesidad. Esto viene del reconocimiento del problema. Si no se reconoce ningún problema, tampoco se reconoce la necesidad de mejora.

Los administradores deben comprender y aceptar completamente que por más que ellos mismos y sus trabajadores piensen que su labor está en el punto más alto de excelencia y que ya han alcanzado el máximo nivel que

podían alcanzar, siempre existirá una nueva propuesta, un nuevo método, un nuevo proceso, una nueva máquina, una diferente forma de hacer las cosas que puedan hacer ver a esta excelencia como imperfecta.

Se dan muchos casos de empresas en las cuales sus administradores se dedican a mantener y no a desarrollar las áreas de las mismas, o simplemente piensan que por comprar el último grito de la moda en cuanto a maquinaria o el tener al mejor trabajador en su campo, su nivel competitivo seguirá vigente sin el más mínimo esfuerzo y constancia por parte de sí mismos y de sus subordinados. Los resultados están a la vista en países en los que supuestamente su "cultura" no les permite licencia para esta actitud, los negocios que en su momento fueron pivotes ahora han desaparecido o han sido comprados por la competencia que anteriormente estaba a expensas de sus movimientos.

La carrera de la competitividad es como una escalera sin fin, en la cual el subir un escalón significa mejora temporal y parcial, el subir al segundo implica mejora de las mejoras realizadas anteriormente, y así sucesivamente, observando que el término de dicha escalera nadie lo conoce puesto que es infinita, el término de la mejora total es subjetivo puesto que no se tiene la posibilidad de predecir hasta dónde va a poder llegarse. Los estrategias de Kaizen creen que, por naturaleza, los estándares son provisionales, parecidos a escalones, con un estándar conduciendo a otro a medida que se hacen los esfuerzos a través de mejoras, y que no existe un "escalón definitivo" tras el cual no pueda subirse más, sino que siempre puede seguirse mejorando.

Sin embargo, si se quiere seguir en la carrera, hay un sólo elemento que debe ser imprescindible para continuar con dichas mejoras: el esfuerzo continuo e integral de todos los integrantes que conforman una empresa, sean gerentes, supervisores, ingenieros, obreros, intendentes, clientes o

proveedores, ya que todos ellos en un momento determinada van a contribuir a la competitividad de la empresa, en definitiva, a la calidad.

A este esfuerzo continuo (Kaizen) se le puede agregar además la innovación, por ejemplo en forma de tecnología y equipos. El invertir gran cantidad de dinero en ello no asegura calidad, ella va mas allá de estos aspectos, la calidad está asociada no sólo con los productos y servicios, sino con la forma en que la gente trabaja, la forma en que las máquinas son operadas, y la forma en que se trata con los sistemas y procedimientos.

Estos aspectos los debe considerar toda persona que esté involucrada en la administración de una empresa, puesto que erróneamente se piensa que con el hecho de tener recursos económicos disponibles, de implantar sistemas de control de la calidad modernos, o porque se piensa que su propio puesto controla dicha calidad en todos los aspectos, y simplemente con ello los estándares se mantendrán y más aún, se desarrollarán solos. El control total de calidad pasa por cambios perpetuos, y nunca es completamente el mismo de un día a otro. El término "control de calidad" no engloba sólo al control de calidad propiamente dicho, sino también a las herramientas para la mejora general en el desempeño administrativo de las organizaciones.

La mejora continua se apoya, como se menciona, en el esfuerzo de todos por lograrla. Por lo tanto, es muy importante que se alcance el objetivo de que los diferentes puntos de vista de cada una de las personas sean conocidos por los encargados de traducir y llevar a cabo las mejoras. A este proceso se le conoce como el "Sistema de Sugerencias". Su importancia dentro del concepto de Kaizen es invaluable.

Por lo tanto, si se pretende una revisión constante de los estándares de calidad de una empresa, la opinión de TODOS es fundamental para

lograrlo. Pero no queda sólo en ello el hilo que mueve al mundo de la competitividad.

En Japón inclusive están compitiendo ya no sólo en calidad, precio o servicio, sino que ahora lo hacen en la introducción de programas de Kaizen mejores y más rápidos.

Hoy en día, las personas encargadas de los cambios de modelo en las empresas están en una constante competencia contra sí mismos por lograr reducir los tiempos de cambio de modelo, con el objetivo de hacer la evolución más dinámica y disminuyendo así las opciones de estancamiento. La meta principal es que todas las personas se sientan competitivas, útiles dentro de sus trabajos. Los trabajadores actuales no parecen estar satisfechos con los trabajos convencionales repetitivos pese a las compensaciones monetarias que reciben. Quieren que sus trabajos comprendan tareas tales como pensar y decidir por sí mismos cómo debe ejecutarse el trabajo que realizan.

Otro aspecto importante a considerar para que la implantación del Kaizen obtenga los resultados esperados, es el cambio de mentalidad de los administradores de la empresa en referencia a los puntos a abordar cuando se presenta un problema. Actualmente, los resultados económicos inmediatos son el táctico de las estrategias a seguir por estas personas en sus empresas. Quizás por ello se deba el temor del personal de menor nivel jerárquico a presentar sugerencias u opiniones que, debido a una falta de conocimientos o experiencia, no pueden o no se atreven a evaluar en rendimientos monetarios.

Si la administración considera que el Kaizen va a lograr efectos inmediatos en sus evaluaciones económicas, no deben siquiera molestarse en intentar instaurar esa filosofía en la empresa. Los resultados tardarán

cierto periodo y en el lugar donde primeramente se notará su implantación es en las áreas productivas. Cuando se logre esto será el momento de hacer cálculos y repartir ganancias que, de seguir desarrollándose la ideología Kaizen en la organización, comenzarán un crecimiento constante y efectivo.

La forma en que la administración va a realizar las evaluaciones de logros o mejoras es otro de los puntos a considerar en la implantación del Kaizen. Anteriormente se hizo mención a que casi todo el mundo exige resultados en números y se olvidan de los esfuerzos; traducen al Kaizen en logros en la última etapa: cantidad de productos terminados en relación a cantidad de productos vendidos; y se olvidan que existe un sinfín de aspectos que aunque no son palpados directamente por ellos (no obstante casi siempre en un 100 % por los trabajadores) están obstaculizando un mejor rendimiento de la empresa. La productividad es una medida, no una realidad. Los esfuerzos hechos por mejorar tanto la productividad como la calidad son la auténtica realidad a considerar.

Si existe una evaluación de desempeño laboral que indique un esfuerzo integral de todo el personal que colabora en la empresa, es el mejor indicador del buen funcionamiento del Kaizen y de sus prontos resultados reflejados ahora si en números y gráficas.

Uno de los puntos que ha llevado a Japón a ser lo que es en el mundo empresarial es la forma en que entrelaza la innovación y el Kaizen. Así como se interesan por crear nueva maquinaria y equipo para acrecentar la eficiencia de sus procesos, también se preocupan por desarrollar la capacidad y confiabilidad en el desempeño de sus operadores.

Muchas empresas que no poseían grandes recursos económicos para modernizar sus instalaciones y equipos apostaron por el Kaizen y muchas herramientas relacionadas (Kanban, Poka-Yoke, SMED, etc.) para alcanzar

la competitividad. De este hecho se desprende la conclusión de que no siempre el dinero produce más dinero. Kaizen esta orientado a las personas, en tanto que la innovación esta orientada a la tecnología y al dinero.

No obstante, el Kaizen también involucra a las instalaciones de la organización. Kaizen exige al personal una atención total hacia el aprendizaje y mejora en el uso de las mismas. Si la gente comparte esta ideología, intentará sacar provecho de los aspectos materiales que le toca manejar en su puesto. Siempre habrá algo que mejorarle a una máquina por muy buena que sea, y sólo la aplicación de todo el ingenio del trabajador logrará explotar al máximo la inversión realizada por la administración. Por este mismo hecho dicha administración debe fomentar ese uso del ingenio de todos aquellos que trabajan diariamente con los equipos en los que se ha invertido.

Puede subrayarse pues la importancia de que los grupos y los individuos que los componen se vean invitados (que no forzados) a participar en el Kaizen. No basta con motivar a las personas a participar en círculos de calidad, comisiones mixtas, etc., sino que hay que provocar en ellos la necesidad de compartir una especie de "circulo de responsabilidad".

Esta responsabilidad debe entenderse de un modo que se pretenda lograr un 200 % de calidad y efectividad en cada movimiento que un trabajador realice en su puesto, en cada operación, en cada pieza, en cada lote. Que cada uno de los componentes del equipo o grupo sepa que la calidad envuelta en su puesto es más importante que la de los demás, pero que a su vez comprenda que la calidad de la empresa es más importante que la de su propio desempeño.

La labor más importante de la administración cuando se desea la ideología Kaizen en la empresa es saber involucrar a toda ella en este

movimiento. Debe obtener los medios para corregir posibles fallas (que existirán muchas) en su desarrollo, tales como falta de integración de las áreas, falta de responsabilidad de las personas en el papel que les toca ejercer, mala comunicación, etc.

Debe considerarse que normalmente es realmente difícil de aceptar para las personas un cambio de actitud en el trabajo, pero una vez que se logra la aceptación y eliminación del miedo por lo nuevo, todo se facilita y se pueden llegar a lograr resultados realmente sorprendentes.

La actitud de la gente sólo necesita un factor de motivación para lograr mejoras, sin que ello lleve a pensar que necesariamente tenga que ser uno negativo.

El Kaizen busca que cada trabajador mire dentro de sí mismo y saque las ansias de superación que toda persona posee en algún lugar, sin importar la nacionalidad o cultura que posea. Con frecuencia el Kaizen orientado al individuo es considerado como un estimulador de la moral, y la administración no siempre busca resultados económicos inmediatos en cada sugerencia.

Esta ansia de superación y mejora en los trabajadores es la base para que el Kaizen logre establecerse y llegue a un funcionamiento definitivo en cualquier empresa. Si esto no se logra a la primera vez, la administración tiene que volverlo a realizar con otros instrumentos motivacionales e integrales, de manera que no quede absolutamente nadie fuera de este nuevo movimiento. Aunque se intente obtener una mejora continua por medio de la innovación u otros medios, los resultados que se esperan obtener a futuro difícilmente se alcanzaran sin el apoyo de todos los integrantes de la organización. No importa lo que la administración pueda hacer, la productividad física no mejorará a menos que las personas que

trabajen para la compañía estén dispuestas a trabajar y tengan la sensación de que están haciendo un trabajo de importancia.

Como puede observarse, el Kaizen está muy en consonancia con la gestión Lean Management, de ahí que forme parte habitual de su enfoque, ya no sólo como herramienta propiamente dicha, sino como visión de avance y mejora, como estímulo para llegar a la eliminación de los desperdicios clásicos que se producen en las organizaciones.

Puede imaginarse la mejora Lean como un progreso en forma de rueda guiado por la filosofía Kaizen, tal como aparece en el siguiente esquema:



Entendiendo la rampa de "progreso" del mismo modo que la escalera sin fin comentada anteriormente, un proceso de mejora continua que no debe detenerse ante nada y que, como principio principal del Kaizen, debe buscar y perseguirse diariamente.

2.5. KANBAN

2.5.1. Introducción a la gestión logística

La gestión logística está adquiriendo cada día más importancia en las organizaciones, e incluye funciones tales como la planificación, organización, control y ejecución de los materiales desde el inicio de una actividad hasta su entrega, a la vez que se busca la máxima satisfacción de la clientela al menor coste posible.

Las dos formas posibles de llevarla a cabo son las siguientes:

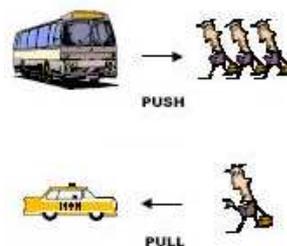
- "PUSH" SYSTEM

Sistema centralizado en el que la demanda "empuja" a la producción para que se cumplan los calendarios de fabricación.

- "PULL" SYSTEM

Sistema descentralizado en el que la demanda "tira" de la producción.

Una forma muy sencilla de entender estos dos conceptos tan usado en gestión logística es asemejarlos respectivamente a un autobús y a un taxi. En el autobús ("push"), el cliente debe conocer los horarios y las paradas del mismo para poder viajar en él. En el taxi ("pull") tiene la posibilidad de llamarlo en cualquier momento que lo necesite, sin necesidad de conocer horarios concretos como en el otro caso.



En el pasado, la logística carecía de estrategia alguna, y las empresas ponían su producción en el mercado por medio del método "push". Esto es algo que realmente sigue ocurriendo en un gran número de empresas.

Así, se realizaban pronósticos sobre la demanda, y, según los resultados, se colocaban los productos. En muchas ocasiones las empresas producían más que lo exigido por el público y su mercancía era "presionada" hacia el mercado, con la creencia de que la demanda igualaría la oferta.

Sin embargo, el mercado no era capaz de consumir tales cantidades, y la clientela no se sentía satisfecha, puesto que sus gustos y preferencias no eran tenidos en cuenta. Se producía el denominado "efecto látigo": mayor producción, más stock y menor servicio.

Las relaciones con las compañías proveedoras, por otro lado, no eran óptimamente aprovechadas. Las empresas, en definitiva, no eran conscientes de que mejorar las relaciones tanto con los proveedores como con la clientela final supone alcanzar un mayor volumen de negocio y a un menor coste.

Satisfacer la demanda real del público consumidor debe ser el objetivo principal de la mayoría de las empresas, al mismo tiempo que minimizar los tiempos de entrega, la cantidad de mercancías almacenadas y los costes. Para cumplir estos fines muchas utilizan el método de gestión logística denominado "pull".

Según este sistema, las demandas del mercado dictan el funcionamiento de las empresas, incluida su logística. La producción se basa ahora en demandas reales que permiten conocer, por ejemplo, quién será el consumidor final de un producto que se está empezando a fabricar. De las economías de escala se ha pasado a una producción más limitada, que

reduce los stocks en los almacenes y los costes necesarios para mantenerlos.

En esto tiene mucho que ver la progresiva generalización de las tecnologías de la información y la comunicación, así como el constante abaratamiento de las mismas, que permiten gestionar los pedidos de una clientela mucho más dispersa, así como unos recursos también disgregados geográficamente.

Internet no ha quedado al margen en la gestión logística, y es una herramienta más a la hora de optimizar el servicio y sincronizar las cadenas de suministros de los agentes proveedores y minoristas.

Al mismo tiempo, gracias a la información recogida, las empresas pueden crear nuevos productos y servicios más acordes con los deseos y necesidades de la clientela, de forma que aumenta su satisfacción y se asegura una compra futura.

Así, la compañía, las empresas proveedoras y la clientela tienen una relación más cercana, y todos salen beneficiados, especialmente los consumidores finales, cuyas demandas son resueltas mejor y más rápidamente.

En el futuro, la gestión eficaz de la logística no será ya una opción, sino una obligación para toda empresa que quiera sobrevivir en el mercado.

2.5.2. El Kanban como sistema "pull"

El sistema Kanban o de "tarjetas" fue desarrollado por Taiichi Ohno en la empresa automovilística Toyota, así que como puede observarse, su origen está totalmente relacionado con el de la filosofía Lean Management

ya que surgió en el mismo ámbito y además con el mismo impulsor. Recibe este nombre como consecuencia de que el término Kanban significa en japonés "tarjeta de información". Este método de planificación y control de la producción se lleva a cabo mediante un sistema tipo "pull" como se ha comentado, lo que significa que una operación no hace nada hasta que no lo señale la próxima operación del proceso. De hecho, el Dr. Ohno se inspiró en los supermercados para desarrollar tan peculiar idea, de ahí que habitualmente a instaurar este sistema en algún proceso productivo se le suele conocer en gran parte de la bibliografía como "crear un supermarket".

El proceso final (cliente) acude al proceso inicial (supermercado) para obtener las piezas requeridas (artículos en venta) en el momento adecuado y en el volumen necesario. Posteriormente, se reponen las estanterías, pidiendo al almacén el suministro del volumen equivalente de productos que el cliente retiró. Naturalmente, un sistema como el Kanban no puede funcionar sin una labor previa de planificación.

Cuando una determinada etapa de un proceso productivo necesita por ejemplo una serie de piezas para trabajar, las retira de la etapa anterior en la cantidad necesaria según la planificación que se haga. Las operaciones anteriores deberán reemplazar las cantidades que les han sido retiradas, y para ello deberá, en este ejemplo, fabricar ese número de piezas.

Pero para poder fabricarlas necesitan, a su vez, piezas de las operaciones inmediatamente anteriores a ellas y por tanto irán a esas operaciones anteriores y retirarán de ellas las piezas que necesitan en la cantidad adecuada. De esta forma se transmite la información a lo largo de toda la línea de fabricación y se produce sólo en la cantidad y al ritmo que marca el proceso final.

2.5.3. Tipos de tarjetas Kanban

Toda la información del proceso se define en las tarjetas, existiendo dos clases de las mismas:

- **TARJETAS KANBAN DE PRODUCCIÓN**

Dan información a una operación determinada de cuándo ha de producir y en qué cantidad.

<i>KANBAN DE PRODUCCIÓN</i>			
<i>CENTRO DE TRABAJO</i>			
<i>PART NUMBER A PRODUCIR</i>			
<i>UBICACIÓN</i>			
<i>CAPACIDAD DEL CONTENEDOR</i>			
<i>MATERIALES REQUERIDOS - PART NUMBER</i>			
<i>UBICACIÓN</i>			

- TARJETAS KANBAN DE TRANSPORTE

Se utilizan para mover los lotes de piezas entre las operaciones que se encuentran distantes entre sí.

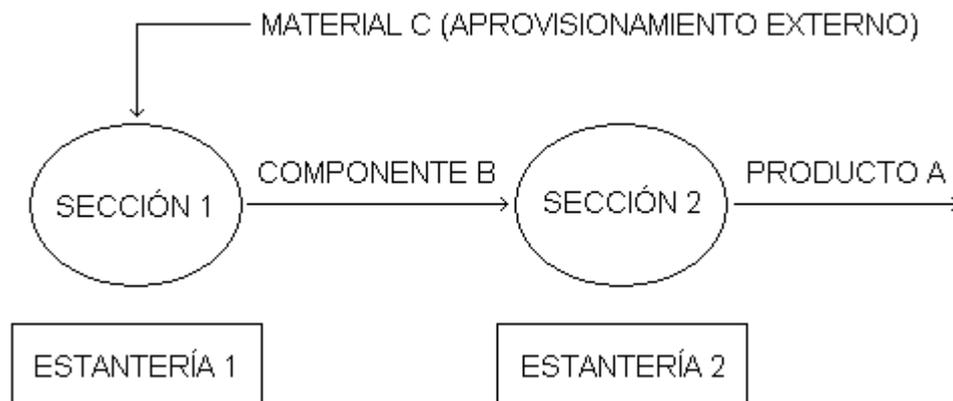
KANBAN DE TRANSPORTE			
<i>CÓDIGO DE MATERIAL</i>			
<i>NOMBRE DEL ARTÍCULO</i>			
<i>TAMAÑO DE LOTE</i>			
<i>PROCESO PRECEDENTE</i>			
<i>PROCESO SUBSECUENTE</i>			

2.5.4. Funcionamiento del Kanban

Estas tarjetas se ubican en la parte exterior de los contenedores que se usan para mover las piezas. Cada puesto de trabajo tiene un almacén de entrada y otro de salida. En el almacén de entrada se situarán un número determinado de contenedores llenos de las piezas necesarias para su proceso productivo. Cada uno de ellos tendrá una tarjeta de transporte.

Por otro lado, en el almacén de salida se ubican, en contenedores, las piezas producidas. Las tarjetas que llevan son las de producción.

A continuación se va a explicar este sistema mediante un ejemplo sencillo. Se trata de obtener un producto A, que se fabrica en la sección 2, a partir de un componente B, que se produce en la sección 1 con el material C.



El esquema general para una sección genérica es el siguiente:

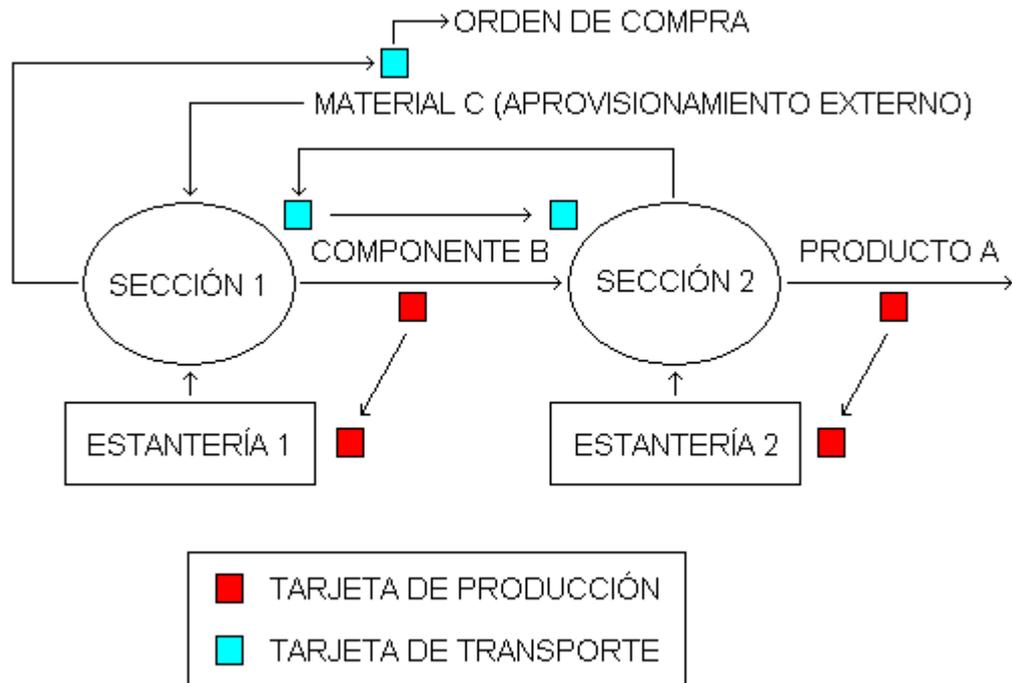


- Cuando un operario de la SECCIÓN 2 recibe la demanda de un contenedor del PRODUCTO A, la tarjeta de producción de ese contenedor se incorpora a la ESTANTERÍA 2 de tarjetas de producción.
- La SECCIÓN 2 fabrica según se lo indican las tarjetas de su ESTANTERÍA 2, produciendo contenedores del PRODUCTO A en

el mismo orden en que le llegan a la estantería las tarjetas de producción.

- Un operario de transporte acude a la SECCIÓN 1 con la tarjeta de transporte del COMPONENTE B, la pega a un contenedor de B de los existentes en el almacén de salida de la SECCIÓN 1 y transporta ese contenedor con la tarjeta al almacén de entrada de la SECCIÓN 2, con lo que se ha repuesto el COMPONENTE B. Previamente, el operario de transporte que se llevo el contenedor de B, depositó la tarjeta de producción que éste llevaba adosada en la ESTANTERÍA 1.
- El ciclo de B se termina cuando un operario de la SECCIÓN 1 recoge las tarjetas de producción de la ESTANTERÍA 1 y efectúa la fabricación de tantas tarjetas como hay, reponiendo el stock en el almacén de salida de su sección.
- La producción del COMPONENTE B en la SECCIÓN 1, desencadena el ciclo del MATERIAL C, que al ser un aprovisionamiento externo, implica que su tarjeta de transporte sirve como ORDEN DE COMPRA.

En el esquema de la siguiente página se esquematiza todo este proceso que ha sido descrito sobre el diagrama del proceso que se ha tomado como ejemplo. Hay que enfatizar en que este tipo de planificación y control de la producción solamente será aplicable con éxito a aquellos procesos productivos en los que exista realmente un flujo físico de materiales, una gran rapidez en los cambios de útiles, una gran flexibilidad de los operarios y una correcta organización y orden de los lugares de trabajo.



2.5.5. Beneficios del Kanban

- **REDUCE INVENTARIOS Y OBSOLESCENCIA DE PRODUCTOS**
Debido a que un material no es entregado hasta que es producido, provoca que se reduzcan las necesidades de espacio. Si el material sufre una actualización de diseño, el producto es entregado al siguiente proceso considerando las actualizaciones en diseño.
- **REDUCE DESPERDICIOS**
Al igual que en el punto anterior, debido a que los productos son entregados hasta que son requeridos, fomenta que no haya sobre producción, lo cual hace que se eliminen costes de almacenamiento.

- **PROVEE FLEXIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN**

La forma en la que están dispuestas las líneas de producción facilita la adaptación a los cambios en la demanda del producto, ya sea por cambios en el diseño o por cambios en los requerimientos del cliente.

- **REDUCE EL COSTE TOTAL**

Esto se da como consecuencia de los puntos anteriores, al no tener sobre producción, al tener unidades de producción flexibles, al minimizar stocks de seguridad y reducir tiempos de espera todo conlleva a una reducción del coste total.

El Kanban debe ser utilizado como una herramienta para lograr una ventaja competitiva sobre las demás empresas de la misma rama, ya que su fin último es entregar productos a tiempo, con la calidad que se requiere, y a un mejor precio.

Hoy en día la mayoría de las empresas buscan mejorar la eficiencia de sus procesos; aquí es donde entra el Kanban como una ayuda muy útil y efectiva para lograrlo.

Aunque el Kanban es una solución para muchos problemas, su implementación no es tan sencilla, puede ser fácil si se implementa siguiendo los procedimientos adecuados, con mucha paciencia, compromiso y dedicación. No es una herramienta única, implica a muchos sistemas y estrategias para la manufactura, de esta manera no hay duda de que sea un éxito su implementaron y desarrollo.

Por último, no debe confundirse al Kanban con una herramienta milagrosa y automática que es capaz de solucionar por sí misma todos los problemas de los procesos manufacturados. Es una herramienta de conjunto a tratar junto a muchas otras propias de la gestión Lean.

2.6. POKA-YOKE

Para todos los que participan en actividades de producción, una de las responsabilidades más importantes consiste en entregar productos sin defectos al proceso siguiente (el cliente de ese proceso en concreto). Si se desperdicia el tiempo en la búsqueda de defectos y en su tratamiento, el coste resulta muy elevado para la compañía; y si no se controlan adecuadamente estas prácticas, la compañía quizás no logre conservar su posición en el mercado.

Shigeo Shingo era un especialista en procesos de control estadísticos en los años 50, pero se desilusionó cuando se dio cuenta de que así nunca podría reducir hasta cero los defectos en su proceso. El muestreo estadístico implica que algunos productos no sean revisados, con lo que un cierto porcentaje de error siempre va a llegar al consumidor final.

Shingo desarrolló ante ese hecho una técnica de calidad conocida por el nombre de "Poka-Yoke", que se traduce como "a prueba de errores" o "mecanismo a toda prueba". La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar.

Un dispositivo Poka-Yoke es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se de cuenta y los corrija a tiempo. Son métodos para prevenir errores humanos que se convierten en defectos del producto final.

Si los errores no se permiten que se presenten en la línea de producción, entonces la calidad será alta y el retrabajo poco. Esto aumenta la satisfacción del cliente y disminuye los costes al mismo tiempo. El resultado es de alto valor para el cliente. No solamente es el simple

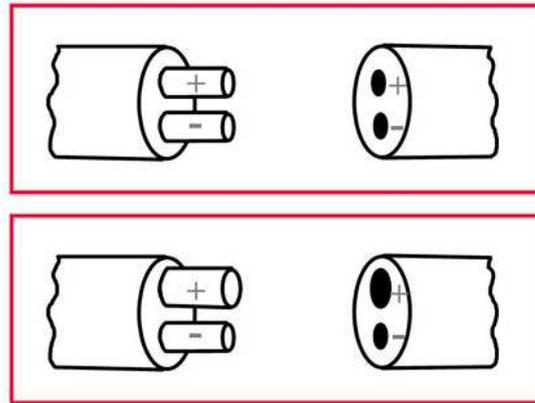
concepto, pero normalmente las herramientas y/o dispositivos son también simples.

Aunque un operario cometa un error, el Poka-Yoke evitará los defectos o la máquina se detendrá. La clave para obtener un 100 % de calidad, por consiguiente, consiste en evitar los defectos en origen y no entregar un producto al paso siguiente del proceso, que será el cliente interno o externo como ya se ha comentado previamente. De esta manera se ahorran costes de no calidad.

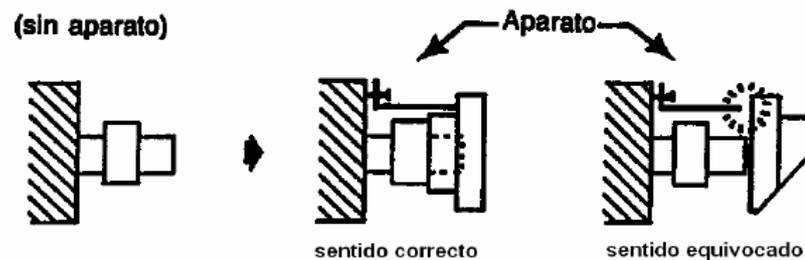
Con objeto de beneficiarse de la aplicación del Poka-Yoke, se recomienda que las ideas relacionadas con estos mecanismos sean comentadas con los mandos de las secciones. Las ideas no sólo serán desarrolladas por las personas que están en contacto con el producto en la nave de producción, sino también por los diseñadores del producto y los procesos, de igual manera que deberán tenerse siempre muy en cuenta a la hora de adquirir una máquina nueva.

A continuación se presentan una serie de sencillos ejemplos del uso del Poka-Yoke:

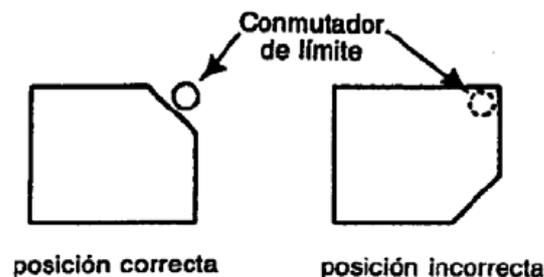
1^o) En un conexionado de bornes (+/-) de la forma que sugiere la figura de la página siguiente, para evitar posibles errores de conexión como podría ocurrir cuando el tamaño de los mismos es idéntico y no se indica la polaridad (o se indica de forma muy poco visible o clara) puede diseñarse el sistema de modo que el borne positivo tenga un tamaño mayor al borne negativo, de este modo cuando el operario vaya a realizar la conexión será imposible que la haga de modo incorrecto ya que en ese caso no encajarían entre sí.



2º) Cuando una pieza sea posible colocarla en dos o más posiciones dentro de una máquina, habrá que idear un mecanismo que, siendo fácil, no dé posibilidades al operario de equivocarse a la hora de instalarla para realizar una operación.



3º) Si se quiere detectar en una línea de montaje el correcto posicionamiento de las piezas, se puede utilizar un conmutador de límite como el que muestra la figura siguiente:



2.7. LUCES ANDON Y TABLEROS DE INFORMACIÓN

2.7.1. Las luces Andon

Generalmente, en una fábrica en la que se realizan actividades de mejora, puede descubrirse que las diferencias entre condiciones normales y condiciones anormales son casi inapreciables. Cuando ocurre un problema, puede verse oculto por un gran volumen de existencias, una carencia de sistemas de supervisión y de realimentación oportunos, o porque los operarios no son capaces de aceptar sus responsabilidades.

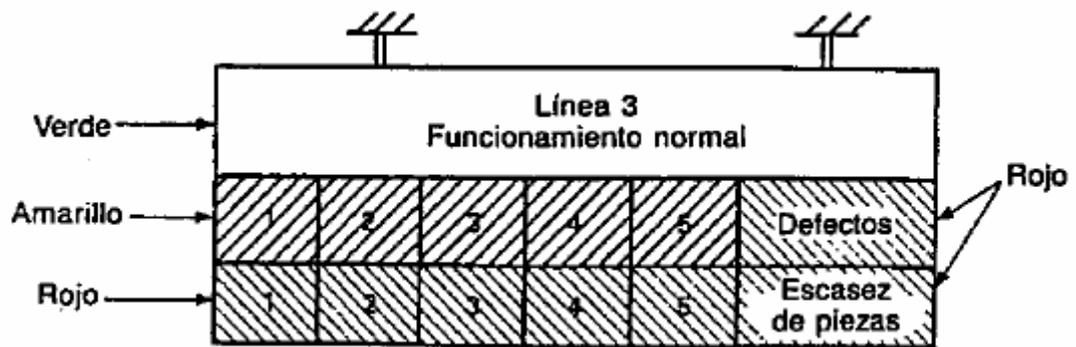
En una fábrica bien dirigida, los proyectos de mejora se llevan a cabo activamente y los problemas salen a la luz con rapidez para que puedan tomarse las medidas correctoras necesarias. Este hecho resulta fundamental para una dirección eficaz. Sin embargo, las anomalías tienen que ser lo suficientemente evidentes como para captar la atención de las personas.

Una de las herramientas que se utiliza para ello es el Andon, que en japonés significa "linterna". Al igual que una linterna sirve para guiar a las personas que caminan en la oscuridad, una luz Andon ayuda a iluminar las condiciones anormales que se dan en la fábrica. Debido a la importancia que tienen los métodos visuales para la rápida transferencia de información, esta práctica se denomina "dirección mediante la vista" o "control visual".

Las luces Andon, los zumbadores y las cámaras de vídeo facilitan la transferencia de información sin demora. Cuando las operaciones de la fábrica están enlazadas mediante este método, la planta funciona de igual forma que el sistema muscular reflejo en las personas. La acción correctora se emprende de inmediato, al igual que los músculos tiran de nuestra mano al tocar un objeto demasiado caliente.

2.7.2. Ejemplos de Andon

Cuando en la operación de montaje surge algún problema, por ejemplo, ciertos defectos, una carencia de piezas o una dificultad en una máquina, el operario pulsa el botón de anomalía para llamar la atención del supervisor, y comienza a destellar una luz ámbar, si el problema no se resuelve con rapidez, la línea puede detenerse en un lugar determinado, y se encenderá automáticamente una luz roja. Puede utilizarse un gran panel luminoso para mostrar todo el proceso, identificando cada proceso con un número, como se muestra en la figura siguiente:



Para suministrar piezas a diferentes zonas de la planta, pueden utilizarse luces Andon para informar al que transporta el material donde debe entregarlo, por ejemplo, cuando hay que reponer existencias de determinadas piezas, el operario simplemente oprimirá el botón. Cuando se enciende la luz Andon, el encargado de suministrar las piezas acercará éstas al puesto de trabajo solicitante. Es como llamar a un taxi.

Las luces Andon también pueden utilizarse para indicar el estado de las operaciones de las máquinas. En tal caso, el color rojo puede indicar avería de una máquina o un problema de calidad, y el color ámbar puede indicar una operación de alimentación de máquina, bien de herramientas, piezas ó útiles.

Se podrán utilizar también, cuando una operación sea muy larga, en este caso, las luces Andon se utilizarán para supervisar el tiempo transcurrido. De este modo el operario puede supervisarlos mientras lleva a cabo otra tarea.

A continuación se presentan algunas imágenes de sistemas Andon reales de aplicación en procesos productivos:



2.7.3. Los tableros de información

Así como las luces Andon se utilizan para indicar situaciones anómalas, los tableros de información de producción sirven para informar visualmente acerca de las diversas actividades que están relacionadas con el flujo productivo y de la incidencia que éstas están teniendo sobre el

producto, la empresa como compañía o las personas que componen dicha empresa.

Algunas personas quizás piensan que es inútil realizar planificaciones, porque hay que cambiarlas con frecuencia. Otras pueden creer que registrar el rendimiento significa un control más estrecho, o una supervisión más estricta. Tales interpretaciones constituyen sin duda un error.

El ciclo descrito en calidad total PDCA: planificar, hacer, comprobar y actuar, consiste simplemente en:

- Desarrollar un plan.
- Hacer el trabajo tal y como ha sido planificado.
- Comprobar cómo está fluyendo la producción con respecto al plan para corregirlo en caso de desviación.
- Tomar las correspondientes medidas correctoras.

Este ciclo permite controlar mejor el entorno, atender mejor a los clientes y obliga a esforzarse para crear actividades viables.

El tablero de información de producción es una herramienta que ayudará a conseguirlo. El objetivo es comprobar lo conseguido con lo planificado, y permite que todo el mundo pueda comprobar las posibles discrepancias que existen con respecto a ello. Una columna de observaciones o comentarios en el tablero ayudará a tomar la acción correctora que haga que la desviación vuelva a la normalidad, alcanzando los objetivos previstos en la línea de producción.

Una vez colocados los tableros de información, se ha observado en muchas industrias que levantan el interés de los trabajadores por conocer cómo funciona su sección en los parámetros que se le exigen.

A continuación se presenta un tablero típico de información y control de producción de un proceso:

Hora	Planificado	Real	Comentarios
8:00-9:00AM	60 [*] / 60 ^{**}	60 [*] / 60 ^{**}	sin material
9:00-10:00	60 / 120	60 / 110	
10:10-11:00	60 / 170	50 / 160	
11:00-12:00PM	60 / 230	60 / 220	
1:00-2:00	60 / 290	55 / 275	Problema de instalación
2:00-3:00	60 / 350	70 / 345	
3:10-4:00	50 / 400	48 / 393	Problemas en la máquina
4:00-5:00	60 / 460	67 / 460	

- Bajo rendimiento
- * Volumen de producción por período
- ** Volumen de producción acumulado

2.7.4. Información de los tableros

La información más habitual que suelen tener los distintos tableros de información en las distintas empresas donde se utilizan son:

- PLAN DE PRODUCCIÓN

Donde se expondrán los planes previstos de producción y sus desviaciones, planes de recuperación, o planes de ralentización de la línea.

- ESTÁNDARES DE CALIDAD

Donde se expondrán los objetivos de calidad que se establecen para la línea de producción, y los datos reales que se están consiguiendo.

- **PARÁMETROS DE DESVIACIONES**

Exponiendo los objetivos previstos de accidentales, inutilidades e índices de productividad esperados en la línea.

- **PARÁMETROS DE ABSENTISMO**

Donde se da información sobre los índices de absentismo que están impactando en la línea, comparándolos con los que se pueden dar en otras secciones.

- **LOGROS CONSEGUIDOS EN MEJORAS Y SUGERENCIAS**

También serán objeto de información en los tableros de producción los logros que el equipo de trabajo consigue en mejoras o sugerencias, de modo que todo el mundo pueda sentirse identificado con los resultados obtenidos por la función de producción en ese aspecto tan crucial.

- **RECONOCIMIENTOS DE CLIENTES**

Siempre que se consigue un objetivo directamente relacionado con el cliente externo, éste suele reaccionar felicitando el buen trabajo realizado, esta información es muy positiva para la plantilla que trabaja en una sección, y se debe hacer pública en los tableros de producción. Conviene que siempre vaya apoyada además por la felicitación interna de la dirección de la empresa, de este modo los trabajadores afrontan el trabajo diario con mucho más entusiasmo al ver cómo de verdad los clientes reconocen el buen trabajo que realizan.

Los usos que hoy día se le dan a estos tableros son muy numerosos debido a su enorme versatilidad, y a pesar de su enorme sencillez son una de las armas más poderosas de la gestión Lean, pues incide muy directamente en las personas que trabajan en la organización.

2.8. HOUSEKEEPING

2.8.1. Introducción

Muchas personas pueden considerar que el orden y limpieza es un tema de menor importancia frente a aspectos a priori "más productivos", sin embargo debe adquirirse conciencia de que están estrechamente relacionados con muchos aspectos importantes para el funcionamiento de una empresa que tienda a alcanzar la excelencia. Existe una relación entre el nivel de orden y limpieza y el nivel de desechos, averías, accidentes, absentismo, etc. que se producen en las organizaciones.

El "Housekeeping" o mantenimiento y conservación del entorno de trabajo, ha de ser una de las constantes que obligatoriamente se deben mantener vivas en el comportamiento laboral diario. Está demostrado que los que son seguidores de estas disciplinas tan básicas que a veces se pasan por alto son los que consiguen un entorno laboral del que en su inmensa mayoría se sienten orgullosos.

En los tiempos actuales y con las nuevas corrientes de calidad total, donde la mejora continua es una de las herramientas básicas para la eficiencia, será fácil detectar este afán de mejora haciendo simplemente un recorrido por las instalaciones de cualquier empresa y examinando cómo se practica el orden en cada uno de los distintos puestos de trabajo que se vayan visitando*.

*Nota: es muy habitual que a la hora de trabajar el concepto y desarrollo del Housekeeping se haga referencia al puesto o lugar de trabajo donde cada persona lleva a cabo sus tareas mediante el término japonés "gemba" debido al origen del concepto.

El Housekeeping es considerado pues una herramienta de mejora que conduce a poner en práctica el sencillo concepto siguiente:

“UN LUGAR PARA CADA COSA Y CADA COSA EN SU LUGAR”

Es decir, el objetivo último que se persigue conduce hacia el orden y mejora del lugar de trabajo (gemba).

Esta técnica ofrece unos resultados excepcionales que se pueden ver reflejados en los beneficios que aporta al lugar de trabajo, como son:

- Ayuda a los empleados a adquirir autodisciplina y una mayor motivación.
- Señala anomalías, tales como productos defectuosos y excedentes de inventario.
- Reduce los movimientos innecesarios y el trabajo agotador, con un aumento de la superficie de trabajo disponible.
- Permite que se identifiquen visualmente y, por tanto, que se solucionen los problemas relacionados con escasez de material, líneas de producción desequilibradas, averías en las máquinas y demoras en las entregas.
- Hace visibles los problemas de calidad, reduciendo las pérdidas.
- Mejora la eficiencia en el trabajo y reduce los costes de operación.
- Reduce los accidentes industriales mediante la eliminación de ambientes inadecuados y operaciones inseguras; es decir, aumenta los niveles de seguridad.
- Su implantación implica un bajo coste en principio ya que no necesita de nuevas tecnologías ni de teorías gerenciales.
- Produce un incremento en la calidad y en la productividad.

2.8.2. Los 5 pasos del Housekeeping

El Housekeeping consta de 5 pasos, conocidos como las 5 S. Se desarrollaron mediante un trabajo intensivo en un contexto de manufactura y forman uno de los pilares básicos de la filosofía tratada con anterioridad de Kaizen en el enfoque de sentido común y bajo coste hacia el la mejora.

Estos 5 pasos, con sus nombres japoneses, son los siguientes:

1. SEIRI: diferenciar entre elementos necesarios e innecesarios en el gamba y descargar estos últimos.
2. SEITON: disponer en forma ordenada todos los elementos que quedan después del seiri.
3. SEISO: mantener limpias las máquinas y los ambientes de trabajo.
4. SEIKETSU: extender hacia uno mismo el concepto de limpieza y practicar continuamente los tres pasos anteriores.
5. SHITSUKE: construir autodisciplina y formar el hábito de comprometerse en las 5 S mediante el establecimiento de estándares.

2.8.3. Seiri (sort – separar)

“SELECCIONE LOS OBJETOS NO NECESARIOS Y TÍRELOS”

El primer paso del Housekeeping clasifica los ítems del lugar de trabajo en dos categorías, lo necesario y lo innecesario, eliminando o erradicando esto último, y debiendo establecerse un tope sobre el número de ítems necesarios. En el lugar de trabajo pueden encontrarse toda clase de objetos que mediante una observación minuciosa resulta que en el trabajo diario sólo se necesitan un número pequeño de éstos; muchos otros objetos no se utilizarán nunca o se usarán en un futuro distante. Como

ejemplo de ello, máquinas y herramientas sin uso, productos defectuosos, trabajo en proceso, sobrantes, materias primas, contenedores, escritorios, archivos de documentos, estantes, tarimas, cajas y otros ítems. Un método práctico y fácil consiste en retirar cualquier cosa que no se vaya a utilizar en los próximos 30 días.

Con frecuencia, Seiri comienza con un método de etiquetado (etiquetas rojas), en el que primeramente se selecciona un área, y se colocan etiquetas rojas sobre los elementos que se consideran innecesarios. Cuanto más grandes sean las etiquetas y mayor sea su número, mejor. Cuando no está claro si se necesita o no un determinado ítem, debe colocarse una etiqueta roja sobre éste. Al final de la campaña, es posible que el área esté cubierta con centenares de etiquetas rojas.

Para poder conservar estos ítems, debe demostrarse su necesidad, ya que de lo contrario, todo lo que tenga una etiqueta roja debe retirarse del lugar de trabajo. Las cosas que no tengan un uso futuro evidente y que no tengan valor intrínseco se descartan, y las cosas que no se vayan a necesitar en los próximos 30 días pero que podrían utilizarse en algún momento en el futuro, se llevan a sus correspondientes lugares.

Al final de la campaña Seiri, todos los gerentes deben reunirse y revisar los suministros, trabajo en proceso y otros desperdicios, y comenzar a llevar a cabo el Kaizen para corregir el sistema que dio lugar al despilfarro.

La eliminación de ítems innecesarios mediante la campaña de etiquetas rojas también deja espacio libre, lo que incrementa la flexibilidad en el uso del área de trabajo, porque una vez descartados los ítems innecesarios, sólo queda lo que se necesita. En esta etapa debe determinarse el número máximo de ítems que deben permanecer en el lugar de trabajo: partes y suministros, trabajo en proceso, etc.

2.8.4. Seiton (straighten – ordenar)

"ORGANICE LOS OBJETOS NECESARIOS EN UN ORDEN QUE PERMITA COGER FÁCILMENTE TODO LO QUE PUEDA NECESITAR"

Una vez que se ha llevado a cabo el Seiri, todos los ítems innecesarios se han retirado del lugar de trabajo, dejando solamente el número mínimo necesario. Pero estos ítems que se necesitan pueden ser elementos que no tengan uso si se almacenan demasiado lejos del lugar de trabajo. Esto nos lleva a la siguiente etapa de las 5 S: Seiton.

Seiton significa clasificar los ítems por uso y disponerlos como corresponda para minimizar el tiempo de búsqueda y el esfuerzo. Para hacer esto, cada ítem debe tener una ubicación, un nombre y un volumen designados, debe especificarse no sólo la ubicación, sino también el número máximo de ítems que se permite.

Por ejemplo, el trabajo en proceso no puede producirse en cantidades ilimitadas. Por el contrario, debe delinearse claramente el espacio en el suelo para las cajas que contienen el trabajo (pintando un rectángulo para delimitar el área, etc.) y debe indicarse un número máximo tolerable de cajas, por ejemplo, cinco. Puede colgarse un objeto pesado en el techo encima de las cajas para impedir que se apilen más de cinco. Cuando se ha alcanzado el nivel máximo permitido de inventario, debe detenerse la producción en el proceso anterior; no hay necesidad de producir más de lo que puede consumir el proceso siguiente, de esta forma, Seiton garantiza el flujo de un número mínimo de ítems en el gamba de estación a estación, sobre la base de "primeros en entrar, primeros en salir".

Los ítems que se dejan en el lugar de trabajo deben colocarse en el área designada, en otras palabras, cada ítem debe tener su propia ubicación

y, viceversa, cada espacio en el lugar de trabajo también debe tener su destino señalado. Las marcas en paredes o en las estaciones de trabajo indican las ubicaciones apropiadas del trabajo en proceso, herramientas, etc. Las herramientas deben colocarse al alcance de la mano y deben ser fáciles de recoger y regresar a su sitio. Sus siluetas podrían pintarse en la superficie donde se supone que deben almacenarse, así se facilita saber cuándo se encuentran en uso.

Los pasillos también deberían señalizarse claramente con pintura. Al igual que otros espacios se designan para suministros y trabajos en proceso, el destino del pasillo es el tránsito: no debe dejarse nada allí, debe estar completamente despejado de manera que se destaque cualquier objeto que se deje allí, lo que permite a los supervisores observar instantáneamente la anomalía y emprender así la correspondiente acción correctiva.

2.8.5. Seiso (scrub – limpiar)

"LIMPIE SU PUESTO DE TRABAJO HASTA QUE NO HAYA POLVO EN NINGUNA PARTE DEL MISMO"

Seiso significa limpiar el entorno de trabajo, incluidas las máquinas y herramientas, lo mismo que pisos, paredes y otras áreas del lugar de trabajo. También hay un axioma que dice que Seiso significa verificar. Un operador que limpia una máquina puede descubrir muchos defectos de funcionamiento. Cuando la máquina está cubierta de aceite, hollín y polvo, es difícil identificar cualquier problema que se pueda estar formando, sin embargo, mientras se limpia la máquina puede detectarse con facilidad una fuga de aceite, una grieta que se esté formando en la cubierta, o tuercas y tornillos flojos, y una vez reconocidos estos problemas, pueden solucionarse con facilidad.

Se dice que la mayor parte de las averías en las máquinas comienzan con vibraciones (debido a tuercas y tornillos flojos), con la introducción de partículas extrañas como polvo (como resultado de grietas en el techo, por ejemplo), o con una lubricación o engrase inadecuado. Por esta razón, Seiso constituye una gran experiencia de aprendizaje para los operarios, ya que pueden hacer muchos descubrimientos útiles mientras limpian las máquinas.

2.8.6. Seiketsu (systematize – sistematizar)

"MANTENGA SIEMPRE UN ELEVADO NIVEL DE ORDEN, LIMPIEZA Y ORGANIZACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO"

Seiketsu significa mantener la limpieza de la persona por medio de uso de ropa de trabajo adecuada, elementos de protección, así como mantener un entorno de trabajo saludable y limpio. Otra interpretación de Seiketsu es continuar trabajando en Seiri, Seiton y Seiso de forma continua y todos los días.

Por ejemplo, es fácil ejecutar el proceso de Seiri una vez y realizar algunas mejoras, pero sin un esfuerzo por continuar tales actividades muy pronto la situación volverá a lo que era originalmente. Es fácil hacer sólo una vez el Kaizen en el gemba, pero realizar el Kaizen continuamente, día tras día, es un asunto completamente diferente, así pues la gerencia debe diseñar sistemas y procedimientos que aseguren la continuidad de Seiri, Seiton y Seiso. El compromiso, respaldo e implicación de la propia gerencia en las 5 S se vuelve algo esencial. Por ejemplo, los gerentes deben determinar con qué frecuencia se debe llevar a cabo Seiri, Seiton y Seiso, y qué personas deben estar involucradas en ello.

2.8.7. Shitsuke (standarize – estandarizar)

"ENTRENA A LAS PERSONAS PARA QUE CADA INDIVIDUO SE ADHIERA A LAS DISCIPLINAS DE ORDEN Y LIMPIEZA"

Shitsuke significa autodisciplina. Las personas que continuamente practican Seiri, Seiton, Seiso y Seiketsu (personas que han adquirido el hábito de hacer de estas actividades de su trabajo diario) adquieren autodisciplina.

Las 5 S pueden considerarse como una filosofía, una forma de vida en el trabajo diario. La esencia de las 5 S es seguir lo que se ha acordado, se comienza por descartar lo que no necesitamos en el gemba (Seiri) y luego se disponen todos los ítems innecesarios en el gemba en una forma ordenada (Seiton), posteriormente, debe conservarse un ambiente limpio, de manera que puedan identificarse con facilidad las anomalías (Seiso), y los tres pasos anteriores deben mantenerse sobre una base continua (Shitsuke). Los empleados deben acatar las normas establecidas y acordadas en cada paso, y para el momento en que llegan a Shitsuke tendrán la disciplina para seguir tales normas en su trabajo diario. Ésta es la razón por la que el último paso de las 5 S recibe el nombre de autodisciplina.

En esta etapa final, la gerencia debe haber establecido los estándares para cada paso de las 5 S, y asegurarse de que el gemba esté siguiendo dichos estándares. Los estándares deben abarcar formas de evaluar el progreso en cada uno de los cinco pasos.

Existen cinco formas de evaluar el nivel de las 5 S en cada etapa:

1. Autoevaluación.
2. Evaluación por parte de un consultor experto.

3. Evaluación por parte de un superior.
4. Una combinación de las tres anteriores.
5. Competencia entre grupos.

El gerente de planta puede organizar un concurso entre los trabajadores; posteriormente, éste puede revisar el estado de las 5 S en cada lugar de trabajo y seleccionar el mejor y el peor. El mejor puede recibir un premio u otro reconocimiento.

Con el fin de revisar el progreso alcanzado, se debe realizar una evaluación en forma regular. Solamente después de aprobado el trabajo en el primer paso, los trabajadores podrán seguir al paso siguiente, este proceso proporciona un sentimiento de logro.

Una vez completo el Seiso, la atención de la gerencia debe centrarse en un nuevo horizonte, mantener y garantizar el momento y el entusiasmo, por ello se hace imperativo construir un sistema que asegure la continuidad de las actividades de las 5 S. No debe permitirse que después de haber trabajado intensamente Seiri, Seiton y Seiso, y después de haber comprobado las mejoras en el gemba, los empleados comiencen a relajarse pensando que ya han conseguido el objetivo y el ritmo de mantenimiento de las 5 S baje o lo que es peor, se suspenda por completo, por lo que con el fin de gestionar correctamente lo relacionado con el Housekeeping es imprescindible facilitar la comunicación y la participación de los trabajadores para mejorar la forma de hacer las cosas, fomentar la creación de nuevos hábitos de trabajo, implantar rigor en lo establecido y responsabilizar individualmente a mandos intermedios y a trabajadores sobre el tema. Si tal disciplina de trabajo no se mantiene y los hábitos correctos de trabajo no se consolidan, las condiciones vuelven a los viejos e indeseables niveles de partida e incluso la realización de campañas ocasionales no alcanzarán los resultados previstos.

2.9. JIT: JUST IN TIME

2.9.1. Introducción

El sistema Just in Time fue también ideado por Taiichi Ohno para la empresa Toyota, en 1952, y se implantó en el resto de industrias japonesas en los 15 años siguientes. La producción JIT es, en opinión de Ohno, uno de los pilares sobre los que se asienta el modelo de organización que él ha inventado, y también uno de los conceptos más presentes en los procesos de análisis e implementación de sistemas Lean.

El JIT considera a la empresa como un sistema abierto sobre un entorno de mercado competitivo. Sus fundamentos son los siguientes:

- **COMPLEJIZAR**

Las organizaciones JIT toman el servicio al consumidor como el canon de la complejidad y de la diferenciación con respecto a sus competidores.

- **SIMPLIFICAR**

Las organizaciones JIT declaran la guerra sin cuartel al despilfarro para eliminar toda causa de complejidad que no sea útil al consumidor.

- **ADMINISTRAR**

Las organizaciones JIT desarrollan su capacidad de gestión de la complejidad esforzándose especialmente por obtener una participación activa de los trabajadores al servicio del consumidor y la eliminación de los despilfarros.

2.9.2. La productividad para innovar

El servicio al consumidor supone también un constante esfuerzo de reducción de los precios de los productos industriales, al tiempo que una revisión radical de los mecanismos de formación de estos precios.

Este mecanismo se resume en la fórmula:

$$\text{COSTE} + \text{BENEFICIO} = \text{PRECIO}$$

Esta fórmula parte, como se ve, del productor, para acabar en el consumidor, y este es el matiz que la hace hoy en día criticable.

En la actualidad, en efecto, el consumidor puede y sabe comparar entre ofertas competitivas y, a igualdad de calidad, se inclina por el fabricante que le ofrece precios más ventajosos. Lo que puede parecer altruismo cimienta las estrategias de desarrollo de las empresas japonesas más avanzadas en el camino del JIT, que han comprendido cuánto interesaba tomar la iniciativa de bajar precios para ganarse más establemente la fidelidad de los consumidores.

En su estudio sobre el sistema de producción Toyota, Shingo hace referencia a las iniciativas de reducción de precios de ciertos modelos adoptados por esta compañía en 1952, en 1954, 1958, 1963 y 1964; e insiste en el hecho de que Toyota ha tenido siempre la voluntad de descabalar a sus enemigos en este campo.

Para las empresas deseosas de servir al consumidor, el coste de producción no debe ser un dato como la concepción clásica. Debe ser un resultado.

La ecuación del beneficio se trueca en la ecuación del coste de la producción:

$$\text{PRECIO} - \text{BENEFICIO} = \text{COSTE DE PRODUCCIÓN}$$

Se dice que esta era una de las observaciones favoritas de Ohno, y es más profunda de lo que parece. Ella explica en particular la extraordinaria tensión productivista de toda la industria nipona, que se considera como en estado de guerra, competitiva permanentemente sobre todos los mercados mundiales en que ha decidido entrar. Mientras que en Europa hay que asociar las alzas de la productividad con los descensos del empleo, con alto riesgo de desequilibrios sociales, los japoneses ven aquí no sólo una posibilidad de regenerar el empleo a largo plazo mediante la mejora de la competitividad sino también se revela, a corto plazo, como una muestra de lo que muchos consideran paradójico: "el respecto al hombre".

Una de las ideas a menudo expuestas en Toyota es que dejar a los trabajadores perder su tiempo cuando pueden añadir valor a los productos de la empresa es una ofensa a su dignidad humana.

2.9.3. La simplificación a través de la lucha contra el despilfarro

- Cero stocks.
- Minimizar el mantenimiento.
- Producir sólo bajo pedido.
- Cero plazos.
- Cero defectos.
- Cero averías.
- Fraccionamiento de los lotes.
- Seguridad de las informaciones.

- Menos contabilidad.
- Flexibilidad.
- Dominio de múltiples procesos.
- Desarrollo de aptitudes y rotación de puestos de trabajo.

2.9.4. Cero stocks

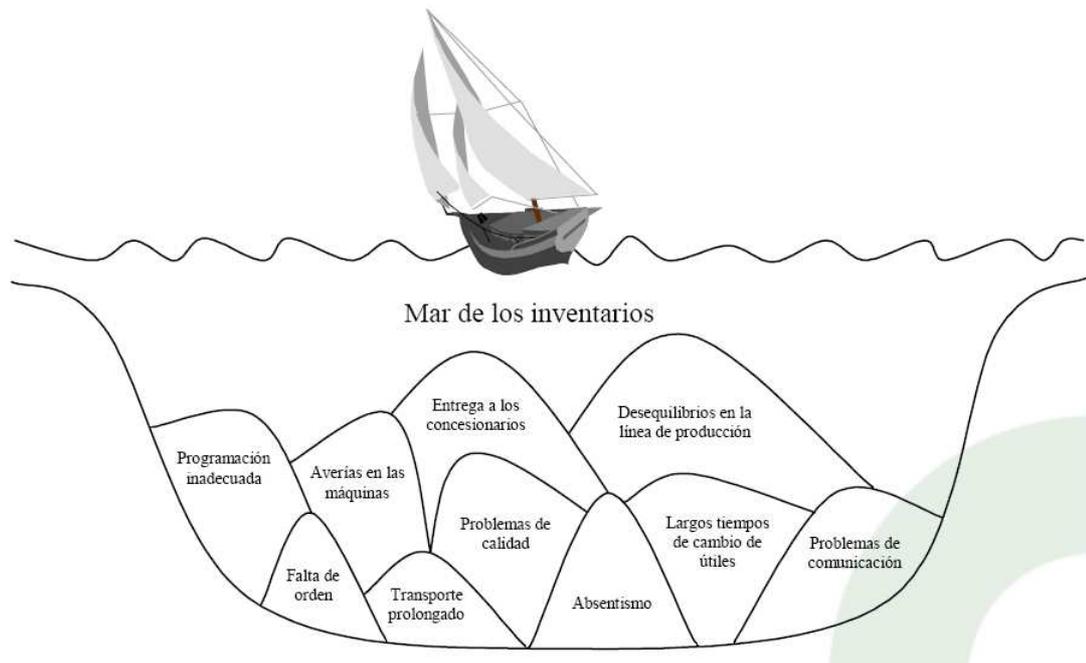
En las empresas japonesas que practican el JIT existe un lema respecto a los stocks, al que se refieren habitualmente en inglés: “Stock is Evil”. Deben evitarse los stocks, ya que son la causa de innumerables despilfarros.

Algunos de estos son evidentes y provocan periódicamente la ira de las direcciones generales de las empresas más clásicas en sus sistemas de producción:

- Agobian a las partidas de activo de los balances, tanto las “del medio” (valores de explotación) como las “de arriba” (construcciones, instalaciones a menudo suntuosas en las que, por ejemplo, se dispone de dispositivos de almacenamiento asistido por ordenador).
- Aprisionan, en consecuencia, los fondos propios de las empresas, lo que se traduce en un recurso al crédito compra y a la tentación que se ofrece a los proveedores de ir degradando la calidad de sus servicios y/o de sus productos. El anquilosamiento de la tesorería se traduce también en complicaciones contables innecesariamente costosas. No hay nada más simple y económico que una contabilidad de proveedores cuando son pagados al contado en el momento de la entrega. El sistema cero stocks puede ser también el de cero cuentas. Este es más o menos el caso de Toyota.

- La formación de stocks goza, como se ha visto, de buena reputación entre los responsables de la producción, porque les permite organizarse sin miedo a las perturbaciones causadas por las exigencias de los talleres o servicios anejos; pero por esta misma razón, favorece los egoísmos y puede llevar a sustituir por óptimos locales el óptimo global consistente en satisfacer la clientela al menor coste.
- Los stocks necesitan cuidados, mantenimiento, vigilancias, contabilidad, etc. Son los costes inducidos, los famosos "costes indirectos".
- Finalmente, los stocks deben ser administrados y la complejidad de esta gestión crece no proporcionalmente sino en forma exponencial a su importancia, a la diversidad de sus emplazamientos y de sus referencias; todo ello se traduce en costes, especialmente en costes informáticos crecientes.

Los stocks también son encubridores de despilfarros. Un esquema entre los más abundantemente comentados en la bibliografía sobre JIT en particular, y Lean Management en general es el que aparece en la página siguiente, donde se representa a los inventarios como un mar y a los distintos problemas como piedras en el fondo del mismo. Mientras el nivel de inventarios se mantenga alto, los problemas de la organización permanecerán ocultos, y, por tanto, habrá que reducir el nivel del mar para que poco a poco se vayan haciendo visibles e identificables los problemas, para así poder proceder con su eliminación. Debe pues considerarse que los inventarios no sólo son un problema en sí que, como ya se ha visto, tienen consecuencias económicas de gran cuantía para las empresas, sino que además influyen directamente ocultando muchísimos otros problemas, por lo que en primer lugar habrá que disminuir todo lo posible su nivel para poder abordarlos y resolverlos.



En realidad nadie ignora que esto es un sistema clásico de producción. Los estrategias del JIT no son tampoco los últimos que se quejan de que los stocks "muertos" y los defectos de todo tipo falsean la utilización que habrían de hacer de la información que manejan. Pero sólo pueden corregir realmente estos errores una vez al año, cuando se realizan los inventarios físicos. Nada hay que les permita sacar a la luz esta delicada realidad dentro de las abstracciones que manejan durante el resto del año. Y sin embargo estos mismos inventarios, a los que se atienen con tanto esmero las empresas, representan un despilfarro de tiempo y dinero no precisamente minúsculo, puesto que se ven grandes cantidades de stocks diseminados en todos los rincones de la empresa taylorista, hasta el punto de que llegan hasta a olvidarse.

Como se ve, existen razones para considerar como un objetivo fundamental de la sana gestión de las empresas la reducción al mínimo de los stocks. Esto se considera tan fundamental en las empresas japonesas

que practican el JIT, que es frecuente ver fábricas donde no se ha reservado espacio alguno para los stocks.

2.9.5. Minimizar el mantenimiento

Los promotores del JIT llaman la atención sobre el hecho de que las operaciones productivas se calculan generalmente en segundos, y hasta fracciones de segundos, mientras que las piezas producidas reposan durante semanas y meses en almacén y el mantenimiento de que son objeto se cifra en minutos y con frecuencia en horas. Añaden que sólo las operaciones del primer tipo corresponden a un valor añadido real, y que el consumidor no tiene por qué financiar las otras dos. El mantenimiento de los stocks constituye, pues, una fuente de despilfarro que ha de eliminar una organización productiva. Para ello es necesario analizar las causas.

1ª) Una de estas causas se relaciona directamente con el almacén. Cuanto más grandes son éstos, más se tiende a descuidar el emplazamiento para economizar espacio. Y de esta manera se alargan aún más los circuitos de las piezas y, en consecuencia, el mantenimiento.

Este mantenimiento necesita generalmente la utilización de máquinas de transporte interno que encarece todavía más su coste. Esta claro, por tanto, que la eliminación o reducción de los stocks de materias primas o de productos acabados puede hacer desaparecer una de las razones del mantenimiento.

2ª) La segunda causa para conservar los productos de una fábrica está en el volumen de los trabajos en curso, es decir, de los stocks intermedios. Es por consiguiente de la misma naturaleza que la anterior. La causa principal de estos stocks intermedios se encuentra a su vez en la implantación de las secciones homogéneas de producción: cada una de

estas secciones (taller de cizallas, taller de repujado, taller de soldadura, etc.) ordena su producción con el fin de optimizar su propio funcionamiento. Las piezas procedentes de la sección anterior deben esperar, para su aceptación, las instrucciones del planning central; lo mismo harán antes de pasar de una sección a la siguiente.

Se deduce que la reducción del mantenimiento pasa también por el desmantelamiento de las secciones homogéneas de producción y de la reubicación de las máquinas dentro del esquema de secciones plurifuncionales. Este tipo de implantación de las máquinas favorece la rápida circulación de los productos en las fábricas.

2.9.6. Producir sólo bajo pedido

Las previsiones de la demanda (que son las que motivan la producción en las organizaciones clásicas) están siempre plagadas de errores que el productor sólo puede reproducir, ya que dependen en buena parte de los imponderables: acciones de los competidores, cambios de humor de los consumidores, ambiente general de los negocios y hasta tiempo atmosférico.

Algunas empresas han invertido fortunas en elaborar estos parámetros para construir modelos explicativos completos de la evolución de la demanda a corto plazo de sus productos. Al final se vieron forzadas a concluir que son pura conjetura, que las previsiones de la demanda no pueden tener sino un interés estratégico, que deben permitir esencialmente la medición de la capacidad industrial y que basta con unos modelos generalmente simples (que, por otra parte, no excluyen el recurso a la informática).

La observación del comportamiento de las empresas y de sus servicios comerciales es, en este sentido, revelador. El periodo de actividad es el año. Y en la estimación de la cifra de negocios del año próximo se incluyen a la vez, año tras año, los servicios de venta, marketing y de creación. Pero lo que cuenta (sobre todo delante de los accionistas) es que se pueda hacer un resumen global, en el momento de la rendición de cuentas, con la frase "este ha sido un buen año para la firma".

Este comportamiento estereotipado (hoy se debería hablar de cultura) de las empresas se detecta en los más mínimos detalles de su actividad. Así, por ejemplo, las previsiones anuales de venta de un producto resultan extraordinariamente precisas mientras que sus previsiones mensuales se revelan fantásticas. Estas dificultades sentidas por los fabricantes cuando intentan dominar la evolución a corto plazo de sus mercados no han hecho sino aumentar desde que las políticas de "stop and go" han venido a reemplazar, en las economías, las políticas de crecimiento sostenido que ellos conocían mejor.

A pesar de esto, los responsables de la producción continúan esperando, en muchas empresas, las directrices comerciales que les proporcionen "previsiones fiables".

El que sean precisamente las mentes que se jactan de realismo y de positivismo las que acarician estas quimeras muestra cuán pesadamente oprime la losa taylorista a la comunidad industrial actual.

El realismo en realidad lo practican los seguidores del JIT que piensan que entretenerse en perfeccionar las previsiones de la demanda a corto plazo sólo es una pérdida de tiempo y de energía. Es un ejercicio ridículo que contrasta con el paradigma del cero defectos, según el cual no vale la

pena realizar una acción si a priori no se tiene la seguridad de que puede realizarse sin ningún tipo de error.

Por ello el objetivo del JIT es producir no sobre previsiones, sino en función de la demanda realmente manifestada en el mercado.

Esta es una exigencia que repercute en todas sus fases, desde el taller de ensamblaje final que recibe por arriba los pedidos de la distribución, hasta los talleres integrados o exteriores que fabrican por abajo los diversos componentes de los productos acabados a partir de las materias primas y auxiliares. Se dice que la producción viene arrastrada por el mercado (mientras que en las organizaciones que producen sobre previsiones es la producción la que se arrastra hacia el mercado). Toda trasgresión de esta regla, ya sea por exceso ya sea por defecto, sólo comporta derroches, formación de stocks o pedidos no satisfechos.

Producir sólo bajo demanda significa también abstenerse absolutamente de producir sin demanda. En los momentos en que, por una razón u otra, se interrumpe la demanda, no faltan tareas útiles en que ocuparse; reuniones de círculos de calidad, entrenamiento en el reajuste rápido de las máquinas, actividades de conservación, colocación y prueba de dispositivos que mejoren el funcionamiento del puesto de trabajo, obras de reparación y mejora del edificio, limpieza, etc.

2.9.7. Cero plazos

Producir a cero stocks significa necesariamente reducir los plazos de respuesta de la fábricas, inclusive la de los proveedores. Los plazos de respuesta condicionan, en efecto, el volumen de la fabricación en curso de los talleres, así como el volumen de los stocks que es preciso establecer en cada uno de ellos para realizar, según pedido, las entregas entre ellos.

La reducción de los plazos de respuesta, que también se denominan "ciclos completos de producción" y en los Estados Unidos "lead time", es pues, un factor crucial de la producción JIT.

En la práctica se considera que el plazo de respuesta (R) de una unidad de producción es el tiempo que transcurre entre el momento en que la unidad de producción recibe las materias primas y auxiliares necesarias para la producción de un artículo y el momento en que este artículo está disponible para su envío al cliente. (R) es asimilable al "tiempo de transformación" (T) que es la suma de los tiempos de todas las gamas operacionales.

La diferencia, siempre positiva, entre (R) y (T), representa tiempo de espera por causas diversas: espera de carga o descarga de utillaje, espera de inspección y control, espera de transporte intermedio, etc. Todas estas esperas son un derroche.

Por ello el ideal de producción JIT es que (R) difiera escasamente de (T) o lo que es lo mismo, que el cociente $F = T / R$ que expresa la "fluidez" de la organización de la producción sea lo más cercana posible a la unidad.

El impacto del cero plazos sobre la productividad es considerable. Cuesta admitir que esto sea así debido a los constantes cambios de herramientas de producción que implica el JIT. Existen procedimientos técnicos utilizados en las organizaciones JIT para hacer que las respuestas a estos desarreglos no sean antieconómicas, sino todo lo contrario.

En cambio, las economías derivadas del cero plazos son en el orden administrativo completamente evidentes.

Las empresas que venden bajo catálogo productos de consumo, duraderos o no, se han equipado con sistemas informáticos complejos para atender los pedidos de los clientes. La complejidad de estos sistemas deriva especialmente de la existencia en estos pedidos de productos deteriorados o que pueden deteriorarse en almacén. Hay todo un esfuerzo por tener al día, en el servicio comercial, la imagen informática de los stocks disponibles en las fábricas y en los almacenes de depósito; también se trabaja por definir y hacer que el sistema tome en cuenta los criterios que permitan decidir la realización de entregas parciales o, por el contrario, de hacer que los pedidos esperen el restablecimiento de los stocks; igualmente se trabaja por repartir la escasez como mejor convenga a los intereses comerciales.

Está claro que todos los problemas metafísicos desaparecerían a partir del momento en que el centro comercial tuviera la seguridad de que la fábrica es capaz de responder en varios días, incluso en unas horas, a una ruptura de stocks.

Otro ejemplo de simplificación administrativa hecho posible con el cero plazos se refiere a la contabilidad industrial. Se sabe que la cuenta de explotación de un sistema de producción clásico, cuyo plazo de respuesta (R) es, por ejemplo, de tres meses (que suele ser el plazo más corriente), puede quedar muy falseado si la contabilidad no valora correctamente los productos en curso iniciales y finales. Así, las empresas se afanan en registrar fastidiosa y costosamente el grado de acabamiento de sus trabajos en curso, ya que es evidente que según los cánones de la contabilidad (y del fisco) el valor de un lote en curso no es el mismo si se encuentra en fábrica desde hace quince días que desde hace dos meses y medio.

Es también evidente que una empresa como Toyota, cuyo volumen de productos en curso representa poco más o menos una jornada de producción, puede desentenderse de muchos de estos problemas sin riesgo

de que la valoración de los resultados contables sea falseada. Es preciso imaginar las economías que de esto se derivan.

2.9.8. Cero defectos

Un sistema de producción taylorista puede, indiscutiblemente, alistarse al cero defectos lo mismo que un sistema de producción JIT. La diferencia estriba en cómo. En el primer caso se produce (mucho), se inspecciona, se prueba, se lanzan al mercado los productos sin defectos, se trabaja en reciclar los productos defectuosos y de segunda categoría (en algunos casos en "fábricas-centers" o en mercados de artículos defectuosos) o en destruirlos. Cualquiera de estas decisiones tiene un coste.

Citando las ideas expresadas por Henry Ford sobre el despilfarro, Ohno señala que toda materia prima contiene una parte de trabajo humano, el de su extracción y transporte. El reciclaje de la materia prima contenida en los desechos industriales añade más trabajo humano.

La regla de oro de una organización JIT es que no se fabrique nada sin tener la seguridad de que puede fabricarse sin defectos.

El dominio del proceso debe adquirirse de tal manera que se eliminen las causas mismas de los defectos. Si una máquina no garantiza el cero defectos no vale la pena multiplicar las inspecciones ni tolerar las piezas defectuosas: hay que cambiar la máquina. La importancia de los mecánicos en la estructura de la industria transformadora japonesa proviene de esta exigencia. La experiencia demuestra, en efecto, que los costes dimanantes del desarrollo de este tipo de cometidos y del cuidado puesto en la construcción y mantenimiento de las máquinas, se compensan a través de las economías que se obtienen, directa o indirectamente, al evitar derroches productivos.

2.9.9. Cero averías

Es común observar en las fábricas japonesas, y especialmente en las que practican el JIT, que muchas máquinas ya del todo amortizadas continúan funcionando a plena satisfacción.

Esto obedece a varias razones. Sin duda los japoneses han desarrollado, al igual que en Europa, técnicas y procedimientos de conservación, pero para evitar que entre dos intervenciones preventivas se produzcan fallos intempestivos (que es lo que por desgracia sucede en muchas oficinas occidentales), han desarrollado asimismo procedimientos y técnicas denominadas de "mantenimiento productivo total" (TPM).

El concepto de TPM tiene una extraordinaria importancia práctica: todas las máquinas, inclusive las más nuevas, antes de entrar en servicio, son objeto de un minucioso chequeo por parte de los mecánicos de mantenimiento. Este chequeo permite identificar los puntos débiles de la máquina y tratar de remediarlos; las debilidades que persisten se anotan y señalan a los operarios, de forma que puedan vigilarlas durante su funcionamiento, practicar ellos mismos intervenciones de primer nivel, y desde luego avisar a los mecánicos de mantenimiento en caso de necesidad.

Uno de los secretos de la competitividad de los japoneses reside ciertamente en este respeto a la máquina, comenzando por aquella que se rechazaría normalmente en nombre de una malentendida "modernidad".

El TPM se estudiará y analizará con más detalle del expuesto aquí más adelante en el presente anexo de herramientas Lean.

2.9.10. Fraccionamiento de los lotes

La producción por lotes es la regla general en las empresas transformadoras.

En una organización clásica de tipo taylorista, se tiende a realzar la importancia de los lotes porque éstos garantizan la calidad de los productos. A decir verdad, esta idea es intuitivamente correcta, ¿no necesita cada nueva fabricación de un producto un nuevo ajuste de la maquinaria?, ¿no es esta también la mejor ocasión para el aprendizaje de los trabajadores?

Pero todo esto representa tiempo, brazos caídos, otros tantos renglones de costes cuya incidencia hay que amortizar sobre el coste de producción a través de la cantidad, lo que, por cierto, hacía decir a Louis Armand: "la cantidad es la calidad". Las empresas se han habituado a una idea de progreso industrial, sin darse cuenta de que se basa en una visión fundamentalmente pesimista de los hombres y de las máquinas (que nunca dejarán de ser un producto humano), a los que implícitamente se les niega toda aptitud para capitalizar sus experiencias pasadas para mejorar sus prestaciones futuras.

Esto explica, en particular, la tendencia a considerar como fatalidad la lentitud y la minuciosidad de las preparaciones de la maquinaria.

Ohno se rebeló contra este tipo de fatalidades. Sus razones eran simples y de una lógica irrefutable: el crecimiento de los lotes significa incremento de las colas de espera entre los puntos de montaje, acumulación de stocks intermedios, en definitiva despilfarro.

Hay que acortar los lotes y lograr, en el límite, producciones unitarias, haciendo que la producción circule lo más fluidamente posible.

Esta posibilidad depende de los "cambios rápidos de utillaje" asociados con una pieza "buena a la primera" pues estas técnicas permiten acortar las series económicas.

El recorte de los lotes y los cambios frecuentes de producción no son pues sinónimo de derroche, en contra de lo que postulaba el taylorismo. Además de posibilitar la reducción de los trabajos en curso, sus efectos benéficos alcanzan al comportamiento de sus operarios, que tienen menos tiempo para olvidar sus anteriores experiencias de producción, y tienen menos necesidad de aprendizaje después de cada reajuste de máquina.

2.9.11. Seguridad de las informaciones

La información es una sustancia frágil, con tendencia a desvirtuarse con el paso del tiempo y con su transporte. Las informaciones necesarias para la gestión de un sistema de producción no son una excepción de esta ley, llamada de la "entropía creciente de la información".

La información relativa a una organización clásica, o taylorista, es particularmente entrópica ya que:

- Sus ciclos de producción son largos.
- Es frecuente y masivo el transporte de información, en parte porque existe una separación rigurosa entre las funciones de ejecución y las funciones de gestión de la producción, y en parte porque hay un forzado desglose de las tareas de ejecución.

La redundancia es la respuesta taylorista a la entropía de la información.

Consiste en editar y reeditar los mismos documentos, en multiplicar los planteamientos, los punteos, los controles. De ello se deriva la acentuación de carácter burocrático de la organización. La redundancia agudiza igualmente la dicotomía entre sistema de producción y sistema de gestión; lleva, pues, a situarse de este lado y no de aquél, en las oficinas y no en los talleres, las funciones de progreso de la empresa, especialmente informáticas. Pero la redundancia no cambia las causas estructurales de la entropía de la información y por tanto sólo consigue paliarlas, a un coste determinado.

Evidentemente, una organización JIT empieza operando sobre estas causas, ya que los ciclos de producción se reducen considerablemente. Pero se añade todo un conjunto de precauciones para evitar que se derroche información. Por ejemplo:

- Se trata de hacer coincidir al máximo los flujos de información con los flujos físicos de productos; se evita transportar la información fuera de los lugares en que es útil para la acción.
- Dentro de un sistema de información se distinguen con cuidado las informaciones permanentes o semipermanentes (gamas operativas y nomenclaturas, por ejemplo) de las informaciones coyunturales (fabricar determinada cantidad de un producto). Al contrario que estas últimas, las primeras no tienen por qué circular. Por ello, quedan visualizadas permanentemente en los lugares de trabajo, hasta el momento que sufren una modificación (que sólo se decidirá de acuerdo con el lugar de trabajo).
- Se trabaja por hacer permanentes o semipermanentes las informaciones que, en una organización clásica, tienen un carácter fugaz y coyuntural. De esta manera la asignación de los emplazamientos para almacenaje (de los productos, semiproductos o componentes) es reglamentaria en las

organizaciones JIT, mientras que el almacenamiento aleatorio es visto como una norma de gestión sana (y costosa) en las organizaciones clásicas.

- Dado que se evita el exceso de información, se puede poner el máximo esmero en su presentación, con la intención de hacerla tan expresiva como se pueda ante quienes la han de explotar.

El cuidado que en una organización JIT se tiene por respetar la información va acompañado por un interés máximo en la pulcritud de los locales y de los equipos así como por una clara localización de los lugares de trabajo, los pasillos de circulación y las zonas intermedias de almacenamiento.

Los japoneses creen que es imposible fabricar productos de calidad, según los principios del JIT, sin una factoría "bien llevada" en el sentido que esta expresión tiene cuando se habla de una casa en la que se hacen las faenas domésticas con esmero. Esto hace referencia como puede observarse a una herramienta que ya se ha tratado en este anexo, el Housekeeping, término que aparece muy a menudo al principio de las recomendaciones tendentes a transformar un sistema de producción clásico en un sistema JIT.

Para lograr un cambio rápido de utillaje, uno no puede permitirse la menor duda sobre el sitio donde se encuentran las piezas y los dispositivos de montaje que hay que llevar al pie de la máquina; es necesario que los pasillos de circulación estén libres; en caso de dificultades, es preciso que el recurso a los modos de operar se realice con rapidez. Igualmente, para que un puesto de trabajo pueda responder sin demora a un pedido de aprovisionamiento que proviene del puesto siguiente, sus operarios no deben andar buscando las piezas que han de transformar; deben encontrarlas sin dificultad en lugares identificados de forma clara y estable.

2.9.12. Menos contabilidad

La contabilidad industrial, llamada también contabilidad analítica, es un engranaje clave en las organizaciones clásicas de producción. Estas, en efecto, se inspiran en la regla de oro del taylorismo según la cual una empresa, para ser eficaz, debe aislarse de su entorno, aun cuando al final dependa de él para sus ventas. Según esta lógica, el mercado, aunque sigue siendo el juez supremo, no basta para analizar la eficacia de una empresa. Es preciso un órgano independiente del mercado y de las estructuras operativas, que sea capaz de analizar las transacciones internas, compararlas con las normas, y proporcionar las medidas correctoras apropiadas.

El aislamiento para lograr mayor eficacia se busca no sólo en el conjunto; debe extenderse a las partes, que, en una gran empresa, deben estar organizadas como subsistemas cerrados entre sí y con respecto al todo. Finalmente se sabe que la concepción taylorista de la eficacia trata también de distribuir entre sus miembros las actividades de la empresa en forma de especialidades funcionales.

La combinación de los principios de aislamiento y de homogeneidad conduce en la práctica a la formación de las secciones homogéneas tan características de las organizaciones tayloristas: secciones de producción y secciones auxiliares, llamadas también secciones comunes (conservación, almacenaje, manutención, etc.).

Pero debe serse conciente, especialmente en la gran empresa, de los peligros de balcanización que presentan estos desgloses. Por eso se habla a menudo e insistentemente de la necesidad de un "lenguaje común". El lenguaje de la contabilidad se presenta naturalmente como la mejor de las

jergas, y la contabilidad industrial es considerada como el mejor juez de la eficacia de una estructura de producción.

Por ello es legítimo organizar las transacciones en el interior de la empresa conforme a reglas de pseudo-mercados. Cada subsistema debe suministrar su producción al subsistema siguiente a precios de transferencia.

Pero estos precios no pueden determinarse de manera externa mediante la competencia, ya que por lo general los subsistemas son proveedores exclusivos entre sí. Estos precios no pueden provenir sino de un riguroso análisis de los costes de producción en cada sección.

Esta petición de principio, en apariencia irrefutable, se manifiesta, a poco que se considere, como una fuente de despilfarro considerable. En efecto, el coste de la producción no sirve para fijar el precio de venta, ya que éste lo determina el mercado mediante el juego de la competencia. Quiere decir que el consumidor no tiene por qué pagar los costes que consiente una empresa con el fin de averiguar sus costes en las diferentes fases de fabricación de sus productos. Conocer los costes puede considerarse un derroche, entendiendo este término en el siguiente sentido: es derroche todo lo que no representa un valor añadido para el consumidor.

Esta crítica es tanto más fundada cuanto que hay más razones para considerar como ilusorio el conocimiento perfecto de los costes de producción. Ya se vio a propósito de los stocks y de los trabajos en curso. La observación se aplica también a la variante "participación en los costes de estructura" del coste de un producto. De hecho, nadie ignora que el coste de los productos es ampliamente indeterminado.

Las prácticas de la contabilidad industrial subsisten en todas partes y prosperan porque obedecen a reglas de juego puramente internas. Cuanto

más elevado es el número de secciones, cuanto más homogénea es su composición, más se acrecienta el sentimiento "ilusorio" de poder alcanzar el rigor en la imputación de los costes de sección a los productos. El desglose taylorista de los sistemas de producción en subsistemas funcionales ha encontrado de este modo poderosos aliados en la escuela de administración por números (el "management by figures" de los americanos). Y se ha impuesto a través de la recomendación de una determinada "descentralización por objetivos", para hacer de cada responsable de sección un "pequeño patrón", con "su" presupuesto, "su" plan, "sus" fronteras y "sus" precios de sección, y "su" cuenta de explotación. Esta escuela de administración olvida que "es difícil persuadir a quien en todo el día sólo hace que apretar el mismo tornillo de que está construyendo un automóvil".

Las organizaciones JIT tienen la ventaja de su mayor honradez intelectual liberando a sus miembros de estos simulacros de gestión participativa, pero también permiten ahorrarse la mayoría de los artificios contables a los que conduce la ficción de los sistemas cerrados de producción taylorista. Este ahorro es evidente respecto de la contabilización de los stocks y de los productos en curso.

Por lo demás, la regla primera es evitar cualquier despilfarro y por consiguiente eliminar todo lo que no contribuya de por sí a aumentar el valor añadido mercantil del producto:

- La determinación de los costes de producción es un despilfarro: debe eliminarse.
- Cuando sea necesario establecer un sistema de costes de cesión interna, caso frecuente en las grandes empresas que poseen varias factorías y varias unidades comerciales separadas, la mejor solución es la más sencilla; la que consiste, por ejemplo, en asignar a cada producto del catálogo un valor añadido industrial

que represente una fracción del valor añadido global para la empresa (Precio de venta / Coste de las compras).

La segunda regla consiste en no pensar que la reducción de costes haya de provenir de la compilación de datos numéricos en el silencio de una oficina. El progreso, la eliminación de los despilfarros, se obtienen en el taller mismo, encarando las realidades de producción, y sobre todo participando estrechamente con los que viven en permanente contacto con estas realidades.

Por último, puede decirse también que el progreso rara vez surge de la acumulación de datos históricos; a menudo, por el contrario, es fruto de un abandono de la experiencia pasada.

Henry Ford legó una reflexión muy profunda sobre este punto: *"No me interesa especialmente disponer de todos los recuerdos posibles del pasado, porque se acaban acumulando datos acerca de lo que no conviene hacer. Este es el fallo de los registros exhaustivos. Si os esforzáis en registrar todos los fracasos, pronto obtendréis una lista que demuestra que nada merece la pena intentar. Sin embargo, si uno llega a triunfar en el futuro no es porque se haya preocupado en registrar los fracasos del pasado"*.

2.9.13. Flexibilidad

Los problemas de calidad, las averías de las máquinas y los cambios frecuentes de programas perturban los esfuerzos destinados a desarrollar un flujo eficiente de materiales en la nave de producción. Además, descripciones rígidas de puestos de trabajo que restringen las áreas de responsabilidad también impide la coordinación del sistema de producción total.

Para afrontar estos problemas el desarrollo de la flexibilidad de la producción incrementa las aptitudes de los operarios y utiliza plenamente sus aptitudes y experiencias colectivas.

2.9.14. Dominio de múltiples procesos

La distribución de la fábrica debe modificarse, pasando a ser de una distribución de máquinas orientada hacia el proceso a una distribución orientada hacia el producto. En vez de agrupar procesos semejantes, se enlazarán procesos diferentes siguiendo la secuencia de producción.

Para eliminar el desperdicio, cada operario debe desarrollar aptitudes plurifuncionales para dominar múltiples procesos.

Quizás no sea suficiente con disponer de operarios capaces de dominar múltiples procesos en la prensa o en la mecanización. El ideal consiste en tener operarios capacitados para realizar operaciones de cizallado, prensado y transporte, o de soldadura, montaje e inspección.

Si se dispone de operarios con aptitudes múltiples, el sistema de producción responderá mucho mejor a las cambiantes exigencias del mercado. Debe aumentarse o disminuirse con facilidad el número de operarios en una línea determinada, de acuerdo con las fluctuaciones del negocio.

De igual modo, el "layout" debe ser lo bastante flexible como para que pueda modificarse con rapidez a medida que cambien las condiciones de la empresa. La mejora de las máquinas, las instalaciones y el equipamiento también es importante para que los operarios dominen con facilidad las distintas operaciones.

Además, los procedimientos de trabajo deben estandarizarse y hay que preparar listas de comprobación para familiarizar a los operarios con el trabajo. Estas listas deben colocarse con los lugares de trabajo y actualizarse periódicamente, para que la dirección, los jefes y los operarios puedan comparar visualmente el funcionamiento efectivo con la forma estandarizada de trabajar, y pensar en nuevas maneras de mejorar.

Estos criterios y directrices tienen un carácter general. Según el contenido del trabajo o el entorno laboral, y los niveles de aptitud del personal, quizás resulte difícil poner en práctica de inmediato algunos de estos principios. Se necesitará la total colaboración de los operarios para ampliar su ámbito de trabajo.

En ciertos casos, los contratos laborales excesivamente rígidos pueden constituir un gran obstáculo para el desarrollo de operarios que manejen múltiples procesos.

A pesar de todo, debe comprenderse que la competitividad de una organización dentro del mundo empresarial actual puede depender del grado en que cada uno desafíe el "status quo" y contribuya a la organización eliminando el desperdicio. A medida que mejoran los equipamientos y la tecnología facilita las operaciones, las personas no pueden estar atadas por contratos o limitaciones tradicionales.

2.9.15. Desarrollo de aptitudes y rotación de puestos de trabajo

Para incrementar las aptitudes de cada operario, es aconsejable la formación permanente y la rotación de puestos de trabajo. Para transmitir a los operarios las ventajas y las necesidades del dominio de múltiples procesos, quizás convenga que la dirección y los jefes estudien la posibilidad

de que ellos mismos se sometan a una rotación en sus propios puestos de trabajo.

Algunas personas pueden considerar que es poco práctica la rotación de puestos de trabajo en el caso de los directivos y jefes, sobre todo cuando parece necesario determinado nivel de experiencia y de conocimientos especiales para ocupar ciertos puestos. No obstante, si se examinan los motivos que existen para formar operarios plurifuncionales, se descubre que dichas razones también se aplican a la rotación en los puestos de trabajo de directivos y jefes. Se necesita desarrollar la capacidad de las personas para alcanzar una mejor coordinación entre ellas. Deben simplificarse todos los puestos de trabajo de directivos y jefes al igual que los de los operarios, para que la organización en su conjunto pueda avanzar.

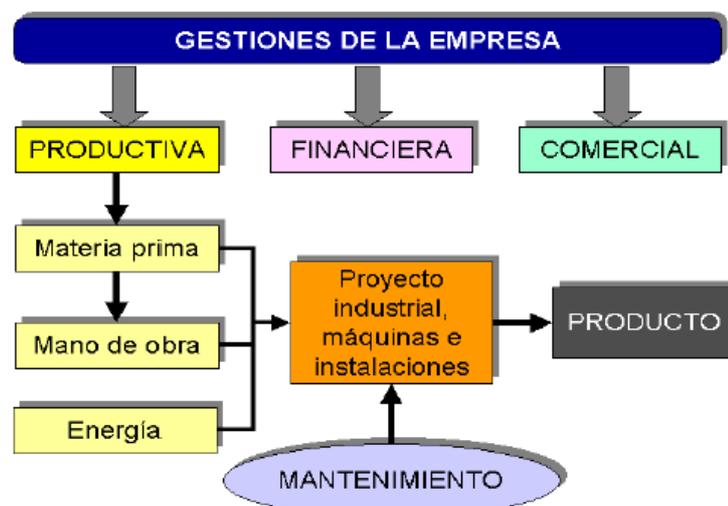
La plurifuncionalidad debe entenderse como una opción de mejora continua que siempre estará presente en la organización, pero no debe llevarse a extremos, como tampoco debe hacerse con la especialización en el trabajo. Todas las personas que forman una empresa deben conocer los trabajos y tareas que se desarrollan en la misma y quién las lleva a cabo. La rotación de puestos, tanto de operarios como de jefes, permitirá un mejor entendimiento de las funciones que se llevan a cabo en la organización por parte de todos, y una mejor visión global de la empresa como un ente único y no como diversas secciones fragmentadas sin apenas relación lógica entre sí. No se pretende que todos sepan hacer de todo perfectamente, pero sí que se conozcan las funciones y sus objetivos, y, en un momento dado, que una persona sea capaz de suplir a un compañero en la labor que esté realizando.

2.10. TPM: TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE

2.10.1. Introducción al mantenimiento

El mantenimiento es un servicio que se encuadra dentro de la gestión de una empresa en la función de producción, y sin él, difícilmente se llegaría a realizar de forma continua un proceso industrial para obtener un determinado producto. Cualquier proceso industrial tiene como objetivo emplear el capital mínimo en instalaciones, maquinaria y mano de obra para que, obteniendo la calidad y cantidad deseada, puedan conseguirse los mayores beneficios dentro de un entorno social no especulativo.

El mayor nivel de productividad se alcanza con el empleo más racional, eficaz y económico de una planta industrial y del personal integrado en la misma. Está claro, que entre los factores que intervienen en el logro de este objetivo está el de *mantener los equipos e instalaciones en perfectas condiciones de funcionamiento*. Así pues, se considera el mantenimiento industrial como las técnicas que permiten asegurar la correcta utilización de edificios e instalaciones, así como el continuo funcionamiento de la maquinaria productiva.



La seguridad de funcionamiento de los sistemas de producción se puede definir como el conjunto de medidas, normas, medios y actuaciones que tienen como finalidad que el plan de producción se desarrolle tal y como estaba previsto, es decir dentro de los riesgos técnicos que han sido asumidos: fiabilidad, disponibilidad, calidad, tiempo de ciclo, etc.

La rentabilidad del capital invertido en los medios de producción y su disponibilidad son factores que se corresponden biunívocamente hasta el punto que podría afirmarse, en la mayoría de los casos, que la rentabilidad del capital invertido será tanto mayor cuanto mayor sea el índice de disponibilidad de las instalaciones productivas, teniendo este índice un valor máximo a partir del cual no es rentable el esfuerzo por mejorarlo pues comienzan a disminuir los beneficios obtenidos.

Esta situación exige una excelencia en el mantenimiento y en la explotación o conducción de las líneas productivas, de tal forma que las máquinas y los procesos estén disponibles siempre que se necesiten, que cada día produzcan mayor cantidad de productos con una mejora constante de la calidad y de los costes involucrados en su fabricación, para los que es necesario crear nuevas organizaciones de fabricación y mantenimiento, de forma que sus equipos trabajen juntos y con espíritu participativo y de cooperación.

En las industrias ha estado arraigada la idea de que “yo soy el operario de fabricación y tú el de mantenimiento”, ocasionando un desinterés total del personal de fabricación por el mantenimiento. Es necesario un cambio de actitud hacia “el operario de fabricación mantiene y atiende autónomamente el equipo productivo a él asignado” bajo el eslogan de que “el mantenimiento es tarea de todos”, que es lo que en definitiva persigue el sistema TPM, lograr la implicación de todo el personal en estas tareas e incorporar la función de mantenimiento directamente en la producción.

Así pues, el mantenimiento debe ser considerado como un factor económico y global de la empresa. Debe ser planificado, eliminando todo lo posible la improvisación y las disfunciones mediante un programa anual de mantenimiento basado en los históricos y en los costes reales de mantenimiento de cada máquina o instalación productiva. Por otra parte, debe existir un equipo técnico de mantenimiento especializado, con funciones claramente definidas, que anime la mejora de la disponibilidad y proporcione asistencia a los profesionales y operarios del mantenimiento y de la fabricación, gestione la documentación técnica de los equipos, y evalúe los resultados y costes de mantenimiento mediante índices de referencia.

El mantenimiento no es una tarea fácil. El mantenimiento es, quizás, el conjunto de actividades que incluye el más amplio rango de tecnologías y especialización en un único departamento de cualquier planta industrial: un conocimiento de ingeniería básica y de taller, métodos de gestión y dirección, los principios básicos de ingeniería de costes, planificación y otras áreas.

2.10.2. Tipos generales de mantenimiento

La evolución de la función de mantenimiento ha pasado por varias etapas. Inicialmente, la *función de mantenimiento* consistía en reparar un equipo cuando se averiaba, aplicando lo que se llama **mantenimiento correctivo**. Así pues las intervenciones eran todas, empleando la terminología que se usa actualmente, de emergencia, es decir, cuando la avería había tenido ya lugar.

Aunque parezca mentira, aún existen hoy en día empresas que utilizan el *servicio de mantenimiento* del mismo modo que se requiere la presencia del servicio de bomberos cuando se incendia un inmueble, es decir, se solicita la intervención del *mantenimiento* cuando se ha producido

el paro de una instalación o la avería de una máquina. Ello implica la aparición de imprevistos que reducen notablemente el grado de utilización de las máquinas, equipos e instalaciones.

De lo que es el *mantenimiento* en el sentido moderno, no se empieza a hablar hasta los años cincuenta, cuando los responsables de esta función se dan cuenta de que no basta con reparar la avería una vez aparecida, sino que es necesario prevenirla. Así nace lo que es el ***mantenimiento preventivo***.

Preocupados tanto por las pérdidas de producción, como por la degeneración de la calidad, los directivos de las empresas ponen en práctica planes de *mantenimiento preventivo*, los cuales, a intervalos fijos, prevén el desmontaje casi total de las máquinas ("revisiones generales") para controlar y en consecuencia sustituir elementos deteriorados sujetos a desgastes, corrosión o fatiga.

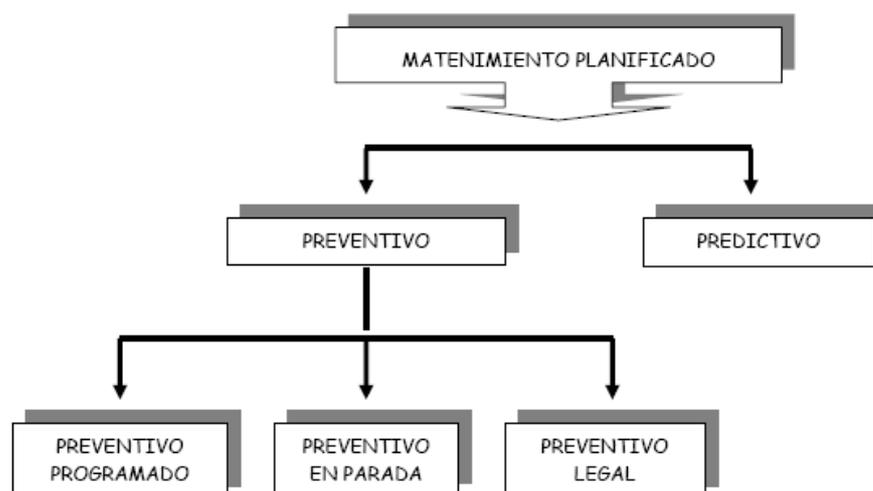
Los responsables de ejecutar estos trabajos, la obsesión de evitar la avería, una vez extraído de su alojamiento, por ejemplo un cojinete, aunque la inspección resultara positiva y estuviera en buen estado, acababan por sustituirlo por otro nuevo, ya que no disponían de ningún aparato de medida para estimar si el cojinete podría sobrevivir hasta la próxima revisión. Se tiene por tanto un desperdicio notable de material sin aumentar demasiado la fiabilidad de las máquinas. Estos trabajos, muy costosos por la cantidad de mano de obra especializada y los materiales empleados, exigen por otra parte paradas largas de la maquinaria, con la consiguiente pérdida de producción y no eliminan por completo el riesgo de roturas accidentales.

Para evitar las desventajas que lleva consigo el *mantenimiento preventivo*, comenzó a desarrollarse en los últimos años el concepto de mantenimiento según estado o según síntomas, en que las intervenciones

sobre los equipos no dependen ya del tiempo de funcionamiento, sino de las condiciones efectivas de ese equipo o de sus componentes. Este se conoce como ***mantenimiento predictivo*** y constituye lo que se puede denominar tercera etapa, y está basado en la observación continua periódica de la máquina, medida y análisis del valor que toman sus parámetros de funcionamiento, detección de las averías en su fase inicial, antes de que se presenten de forma catastrófica y actuación sobre la máquina solamente en este caso.

Como se indicado, el mantenimiento predictivo tiene características preventivas en cuanto a su forma de actuar, adelantándose a la avería, pero a pesar de sus bondades no puede sustituir totalmente al mantenimiento preventivo, más bien le complementa, reduciendo la intensidad de aplicación de éste, ya que daños que no se pueden detectar con los equipos en operación, así como en otros ocurre lo contrario.

En consecuencia se puede afirmar que la mejor opción para conseguir el objetivo de mantenimiento es una adecuada simbiosis entre el preventivo y el predictivo, pero aplicado en distintas escalas y proporciones, lo cual constituye el ***mantenimiento planificado***.



- **MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

Se aplica a la todos los equipos de la planta que estén en funcionamiento, salvo aquellos que no sean accesibles a las necesarias inspecciones y los de muy escasa importancia operativa.

- **MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO**

Abarca una serie de ajustes, comprobaciones, inspecciones y sustituciones periódicas de componentes de equipos, que son necesarias para garantizar su correcto funcionamiento.

- **MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN PARADA**

Es el mantenimiento realizado en aquellos equipos a los que mediante mantenimiento predictivo se les ha detectado un deterioro incipiente que requiere una inspección en detalle.

- **MANTENIMIENTO PREVENTIVO LEGAL**

Es el mantenimiento que se realiza tanto en plazos como en operaciones impuestas por imperativos de la reglamentación vigente. No obedece a razones puramente técnicas.

2.10.3. Introducción al TPM (Total Productive Maintenance)

El Mantenimiento Productivo Total, TPM (Total Productive Maintenance), término inglés utilizado para describir la filosofía de mantenimiento que abarcando a todos los empleados, tiene como meta lograr la eficacia total del sistema de producción a través de la participación de todos en las actividades de mantenimiento.

Normalmente el cuidado del equipo productivo y las instalaciones es responsabilidad de mantenimiento, no obstante, con el TPM se llega mucho más lejos, implicando a todo el personal de la organización, y considerando

las interacciones entre el hombre, la maquinaria y las influencias del ambiente.

El TPM otorga una importancia vital al individuo. En este sentido, el TPM es semejante al TQC (Total Quality Control), donde el compromiso de los empleados es la clave del éxito para la empresa con el funcionamiento requerido para conseguir la satisfacción del cliente.

El desarrollo del TPM es también semejante al TQC. Por ejemplo la avería o mal funcionamiento de una máquina, es equiparable a los defectos de un producto. Al igual que la calidad debe incorporarse al proceso en lugar de obtenerla mediante inspecciones, el TPM será incorporado al proceso para solucionar las averías.

2.10.4. Actividades del TPM para evitar anomalías en máquinas

Las formas de pensar y comportamiento que tienen las personas tienen una incidencia directa sobre las anomalías que se producen en las máquinas. A menos que se modifiquen estos comportamientos, seguirá habiendo averías en las máquinas. Para eliminarlos, los operarios, las brigadas de mantenimiento y el resto de personal de apoyo deben comprender de qué modo entran en interacción sus distintas funciones y qué deben hacer para apoyarse entre sí, ya que deben ser capaces de trabajar en equipo de forma concurrente.

Un enfoque eficaz para lograr cero anomalías consiste en eliminar las causas potenciales de la anomalía, por ejemplo, el polvo, las sacudidas, los tornillos flojos, el desgaste, etc. A menudo, la anomalía es consecuencia de una combinación de dichos factores, si estas anomalías no se tienen en cuenta, el intento de subsanarlas fracasará.

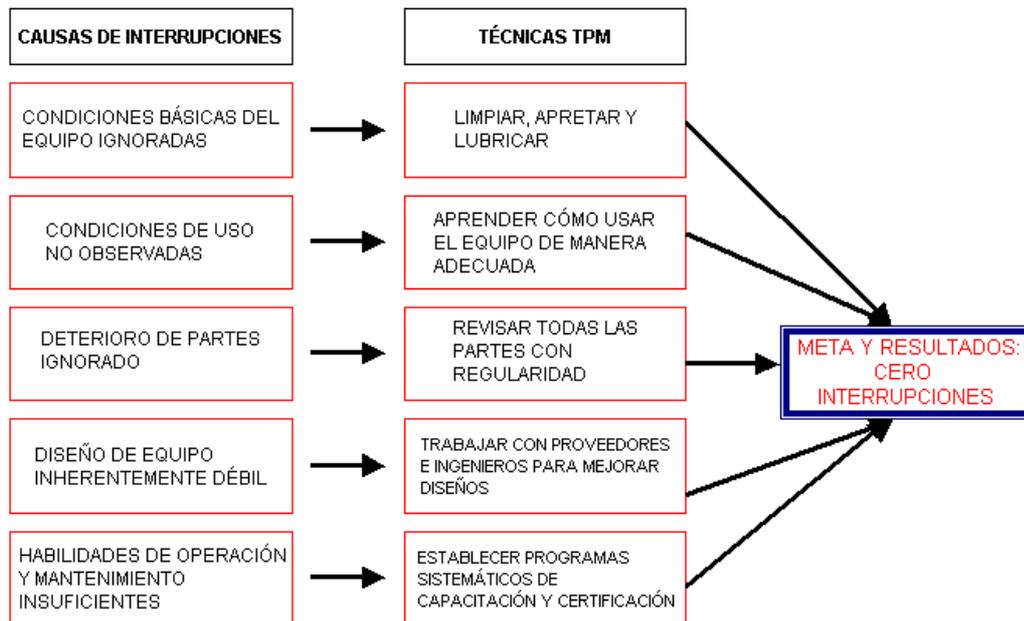
Cuando los departamentos de mantenimiento piden al personal de producción que detengan la línea para proceder a tareas de mantenimiento, generalmente encuentran la negativa como respuesta. Pero ha de tenerse en cuenta que aunque los planes de producción sean muy apretados debe insistirse, ya que una hora de mantenimiento hará ahorrar decenas o cientos de horas de paradas de la línea de producción por las averías en máquinas.

Para colaborar en el logro de cero anomalías en las máquinas, el personal de producción deberá formarse en el mantenimiento de la máquina, como se describe a continuación:

- Aprendiendo a implantar métodos habituales de orden, engrase, etc., para evitar el deterioro forzado de la máquina.
- Recibiendo instrucciones adecuadas del manejo, mediante procedimientos adecuados al tipo de máquina.
- Desarrollando una capacidad de perfeccionamiento en la detección de los signos de deterioro precoz en las máquinas. Mediante tareas sencillas de chequeo diario.

De igual manera para conseguir el objetivo de cero averías, las brigadas de mantenimiento realizarán su concurrencia de la siguiente forma:

- Ayudando al personal de producción en actividades enfocadas al mantenimiento autónomo.
- Reparando las máquinas, mediante inspecciones, desmontajes y reajustes.
- Determinando los puntos débiles del diseño en las máquinas, especificando cuales deben ser las acciones correctoras oportunas y estableciendo las condiciones de funcionamiento adecuado.
- Ayudando a los operarios en sus aptitudes de mantenimiento.



2.10.5. Eliminación de pérdidas

El TPM acepta el reto de anular los fallos y los defectos producidos por un equipo. Cuando no hay fallos ni defectos, mejorará la efectividad del sistema, reduciéndose los costes y los inventarios, mejorando por tanto la productividad. Para lograr este objetivo el TPM trata de eliminar las llamadas "seis pérdidas" que interfieren en la operación efectiva del sistema. A saber:

PÉRDIDAS DE TIEMPO

- Fallos por averías imprevistas.
- Preparación y ajuste de máquinas por necesidades de útiles, herramientas, etc.
- Pérdidas de tiempo y paradas menores por actuación de sensores, bloqueos en conductos de descarga, etc.

PÉRDIDAS DE VELOCIDAD

- Velocidad reducida por discrepancias entre la velocidad de diseño y la real en las condiciones de funcionamiento.
- Defectos causados por el proceso y trabajos que es preciso rehacer.
- Rendimiento reducido por diferencia entre el arranque del equipo y la producción estable.

Con el TPM se pretende efectividad en el sistema (efectividad total del equipo), a través de la combinación de:

- Disponibilidad del equipo.
- Eficiencia del rendimiento.
- Índice de calidad del producto.

Deben considerarse pues los tiempos muertos o de paradas en las cadenas de producción debido a averías o tiempos de preparación y ajustes, la relación entre la producción real y la que se había planificado y no se ha cumplido debido a paradas menores y ritmos de producción diferentes a los previstos en las tablas de tiempos estándar, y también las pérdidas por defectos (el tiempo que se ha estado fabricando defectuosamente o que se pierde por paradas debidas al uso de materias primas defectuosas), que se tienen en cuenta mediante una tasa de calidad, que, en conjunto con las otras dos medidas, configura la efectividad global en la fabricación.

Las mejoras han de llevarse a cabo empleando como punto de referencia la efectividad global de un equipo y las seis grandes pérdidas como puntos sobre los que actúan en las mejoras. La eliminación de tiempos muertos y pérdidas de velocidad disminuyen las necesidades de mano de obra, reduciendo los costes. La eliminación de las pérdidas por defectos supone una mejora en calidad y elimina pérdidas de energía.

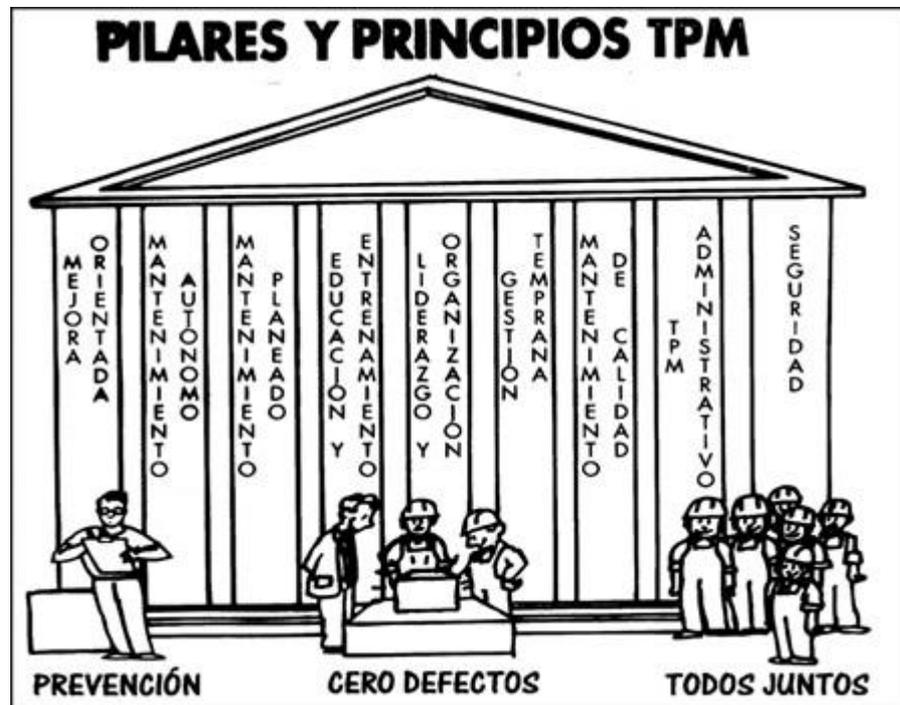
2.10.6. Objetivos y pilares del TPM

Los dos objetivos básicos que pretende el TPM son pues:

- Mejorar la tasa de funcionamiento efectivo y la fiabilidad de las máquinas y equipos.
- Involucrar y aumentar la motivación de las personas que trabajan con las máquinas en la conservación de las mismas.

Los problemas de las máquinas pueden reducirse a cero de un modo más efectivo si los operarios intervienen en el mantenimiento de la normalidad de funcionamiento de las máquinas.

Por tanto, pueden resumirse los pilares y principios básicos sobre los cuales se asienta el TPM en los que aparecen en el siguiente esquema:



2.11. SMED: SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE

2.11.1 Introducción a la preparación y fiabilidad de máquinas

Las actuales condiciones de mercado implican que cada vez hay que tener mayor diversidad de productos a disposición de los clientes, no siendo estos productos de vida ilimitada en las líneas de producción; sino que por el contrario, las cantidades a producir están estudiadas de antemano y limitadas en el tiempo para dar paso a otras, que aunque puedan ser de la misma familia de las anteriores, tendrán alguna característica diferenciadora (material o geométrica), que obligará a cambiar en algo la línea de producción para ser capaces de fabricar el nuevo producto.

Las tendencias empresariales por tanto demuestran la necesidad de responder a las demandas del mercado y de modificar las estructuras de las líneas de producción siempre que sea necesario. En consecuencia, anticiparse e introducir estos cambios en muchas máquinas, es ganar en competitividad frente a los demás.

Como es obvio, se necesita reducir el plazo de fabricación de los productos, reduciendo el propio proceso de fabricación. Por ejemplo, actuando en el cambio de útiles de tal forma que al conseguir tiempos muy bajos, se puedan tener unas máquinas completamente flexibles para el tipo de productos que el mercado demanda en cada momento.

Cuando una empresa ha trabajado durante varios años en la reducción del tiempo de preparación de una máquina, comprueba que es posible reducir radicalmente el tiempo desde varias horas hasta varios minutos. Algunas empresas han conseguido el objetivo final, cambiar al primer toque, donde este tiempo de preparación de máquina llega a ser casi cero. Ninguna empresa puede permitirse el lujo de dejar de trabajar en

reducir tiempos de preparación, hasta llegar al objetivo de cambio al primer toque.

2.11.2. Nuevas tendencias en preparación de máquinas

A pesar de que normalmente se han venido usando las técnicas de disminución de tiempos de preparación a la hora de un cambio en la línea de producción para pasar de producir un producto a otro distinto en mayor o menor medida, con el auge de las teorías de fabricación basadas en gestiones del tipo del Lean Management y la asimilación de estas técnicas como parte fundamental de su filosofía, se ha evolucionado también considerar esos tiempos en cualquier tipo de preparación de máquinas (e incluso herramientas) para cualquier labor a desarrollar en un proceso ya no sólo productivo, sino incluso de gestión o control de calidad.

No se limitan pues las técnicas de preparación (de las que el SMED es posiblemente la más conocida) a actuar sobre cambios de manufactura de un producto a otro, sino sobre cualquier momento del proceso que lleva el pedido del cliente a través del proceso productivo a la entrega final en el que se necesite el uso de alguna máquina o herramienta determinada.

Obviamente, con el auge del Housekeeping como herramienta fundamental de mejora continua y una de las más valoradas por los expertos en Lean de todo el mundo, la relación entre la preparación de útiles y la limpieza y orden del puesto de trabajo (y por tanto de las máquinas y herramientas que allí se encuentran) es cada vez más estrecha, pues un buen Housekeeping influirá directamente en los tiempos de preparación que se pretenden reducir de una forma aún más positiva.

Por tanto, la preparación de máquinas también incluye hoy en días a las herramientas y a todo aquello concerniente al proceso productivo.

2.11.3. Reducción de costes de preparación

La reducción de los costes de preparación es importante fundamentalmente por tres motivos:

- Cuando el coste de cambio es alto, los lotes de producción deben ser grandes, y por tanto la inversión en inventarios es alta. Cuando el coste es insignificante se puede producir diariamente sólo la cantidad necesaria, eliminando casi totalmente la inversión en inventarios.
- Los métodos rápidos y simples de preparación/cambio eliminan las posibilidades de errores en las herramientas y útiles. Los nuevos métodos de cambio eliminan defectos y suprimen la necesidad de inspectores en las líneas de producción, consiguiéndose un ahorro de inutilidades y de costes de calidad.
- Las preparaciones bien estudiadas, que dan lugar a cambios rápidos de máquinas, aumentan la capacidad de éstas. Si se tienen las máquinas trabajando durante toda la semana 24 horas diarias, antes de invertir en nuevas máquinas habrá que estudiar los cambios rápidos, de forma tal que esta máquina sea capaz de estar produciendo 24 horas al día realmente.

Una de las ventajas más importantes de reducir las preparaciones es que la empresa puede pasar de trabajar contra almacén, a trabajar bajo pedido (relacionado con otra herramienta ya analizada, el JIT). Dado que para algunas empresas, la inversión en el inventario de producto acabado es el mayor activo, su conversión a efectivo servirá para invertir en otras máquinas o para reducir deudas, de este modo se contribuirá además a hacer visibles otros posibles problemas que puedan estar ocultos por el nivel de inventarios que existe en la organización.

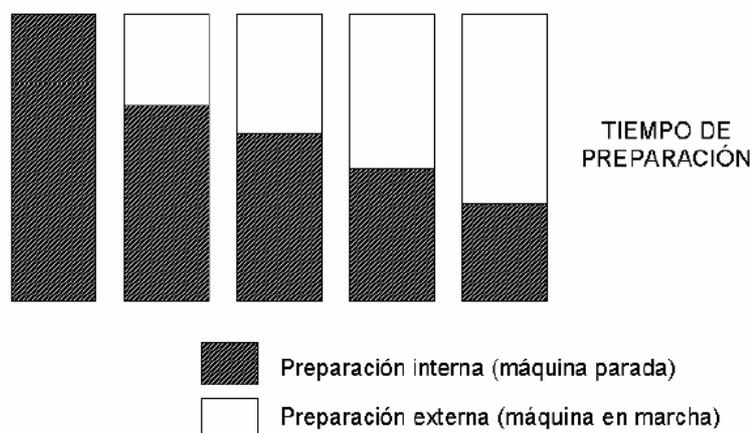
2.11.4. El SMED como técnica de preparación

En gestión de la producción, SMED es el acrónimo de "Single Minute Exchange of Die": cambio de herramienta en (pocos) minutos. Este concepto introduce la idea de que en general cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más de 10 minutos (es decir, el tiempo se medirá en minutos, con cantidad de una sola cifra, de ahí la frase single minute). Se entiende por cambio de utillaje el tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida de una serie hasta la obtención de la primera pieza correcta de la serie siguiente; no únicamente el tiempo del cambio y ajustes físicos de la maquinaria.

El origen del concepto se atribuye, al igual que el del Poka-Yoke y gran parte del JIT, a Shigeo Shingo, que lo desarrolló en el cambio de matrices en máquinas de fabricación mecánica.

En un cambio de utillaje, la parte de puesta en marcha puede representar un tiempo importante en el proceso de fabricación, y este tiempo no es productivo. El objetivo es disminuir el tiempo dedicado al ajuste, con el fin de conseguir cambios de útiles rápidos o incluso ajustes instantáneos.

SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE



- **PREPARACIÓN INTERNA**

Corresponde a operaciones que se realizan a máquina parada, fuera de las horas de producción (conocidos por las siglas en inglés IED).

- **PREPARACIÓN EXTERNA**

Corresponde a operaciones que se realizan (o pueden realizarse) con la máquina en marcha, o sea, durante el periodo de producción (conocidos por las siglas en inglés OED).

En el sistema SMED se definen cinco estados posibles, respecto al tiempo de cambio o preparación, y se establecen pautas para pasar de uno a otro (véase figura de la página anterior).

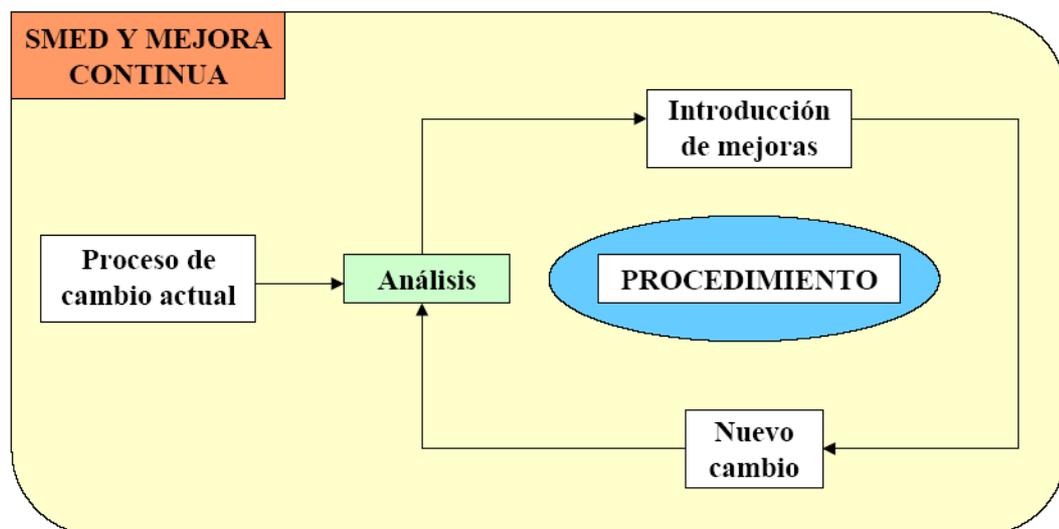
1º) En este estado no se distinguen las actividades de preparación interna de las de preparación externa, y es difícil abordar la reducción de tiempos de preparación o cambio.

2º) Las actividades de preparación externas e internas están identificadas. El tiempo de preparación que realmente influye en el ritmo de producción es el de preparación interna, ya que formaliza la actividad del centro de trabajo en cuestión. Por tanto, se puede decir que la fase más importante del método SMED consiste en la conversión de actividades de preparación interna en externas.

3º) Se ha convertido la preparación interna en externa. Los esfuerzos pasan en este momento por reducir las actividades de preparación interna para permitir que el cambio de máquina perturbe lo menos posible el flujo de producción. Esto supone el estudio detallado de métodos y utensilios que se usan, de cara a su mejora, que en muchos casos pasa por sencillos cambios de mecanismos que facilitan el cambio rápido.

4º) Se ha reducido el tiempo de preparación interna, y aunque el tiempo de preparación externa no interrumpe el proceso de producción, si este tiempo se hace muy largo, los equipos de preparación pueden saturarse y verse alterada su planificación, con lo que algunas máquinas podrían verse afectadas de esta falta de preparación, pasando entonces a ser preparación interna, ya que la máquina ha parado; de igual forma ocurre si el operario de la máquina es el que realiza las operaciones internas.

5º) Por tanto la última fase será la de reducción de la preparación externa. Con la premisa de la mejora continua, tendrá que trabajarse pues en los últimos cuatro estados.



El SMED debe entenderse como una herramienta que permite hacer lo que el equipo de "boxes" realiza en un coche de carreras: realizar el cambio o la preparación del bólido (máquina, herramienta, etc.) en un tiempo mínimo, ya que el más leve despilfarro de tiempo que le demoren unos segundos más puede tener como consecuencia la pérdida de la carrera, es decir, la pérdida de la competitividad necesaria que toda organización necesita para sobrevivir en el complejo y cambiante mercado actual.

2.12. EL FACTOR HUMANO

2.12.1. La mejora a través de las personas

La participación de todos los empleados y el desarrollo de metas compartidas por ellos constituyen elementos clave para el éxito empresarial en el mercado actual. Cuanto más se desarrollen las aptitudes del personal, más sólidas serán las capacidades de la compañía. Cuando más información se comparta y más información y/o adiestramiento reciban los trabajadores de todas las áreas que la forman, menos problemas existirán a la hora de desarrollar metas conjuntas e introducir mejoras en la organización.

Como ya se analizó en el anexo I, correspondiente a los desperdicios considerados por la filosofía Lean Management, a la hora de estudiar el despilfarro de recursos humanos en las organizaciones (véase dicho anexo como complemento y apoyo al presente, en el que se sigue profundizando en el mismo tema desde otra cierta perspectiva), el papel de las personas en las organizaciones ha sido muy cambiante a lo largo de la historia. Un resumen de lo que ya se vio es el siguiente:

1º) "El hombre necesita ser controlado, la sociedad no puede estar dirigida por hombres, sino por unos principios".

2º) "En las empresas el trabajo debe organizarse y racionalizarse en tareas, precisando al máximo el contenido de las mismas".

3º) "El carácter humano puede ser más flexible que rígido: realización, reconocimiento, compañerismo, etc. son elementos esenciales".

4º) "Las organizaciones con más alto grado de integración son las más productivas: las empresas deben contribuir al desarrollo de las posibilidades de los individuos".

En definitiva, gracias sobre todo a la gestión de recursos humanos de países como Japón, en contraposición a la postura de visión únicamente de innovación tecnológica sin implicar a las personas de otros como Estados Unidos, se ha pasado de no considerar al hombre como parte esencial de los procesos productivos a que éstos sean inconcebibles y estén destinados al olvido si todas las personas involucradas no ponen lo mejor de sí en la mejora continua del mismo.

Se estudian a continuación con algo más de profundidad distintos factores relacionados con la gestión y dirección de recursos humanos que forman una parte esencial de la visión del Lean Management.

► La seguridad en el trabajo

La seguridad en el trabajo que las personas realizan diariamente representa una notable preocupación para todos los empleados. Si a un trabajador se le plantea una sugerencia que permite el ahorro de mano de obra, y esto hace que algunos de sus compañeros tengan que perder su puesto de trabajo y quedarse sin empleo, ¿cómo se sentiría al respecto? Lo más probable es que no confiaría en los directivos que llevasen a cabo este tipo de medidas, ya que todos conocen la importancia de sentirse seguros en su puesto, entendiendo esta seguridad más en el sentido de "estabilidad laboral", ya que de todos es conocido que de los ingresos que reporta el desempeño de un trabajo son un bien esencial para la subsistencia de los seres humanos y sus necesidades básicas.

Asimismo, si las capacidades de los empleados no se utilizan plenamente, ¿cómo puede una compañía competir eficazmente con las compañías rivales que fomentan las sugerencias y la participación de los empleados, y utilizan de manera eficaz los recursos humanos para incrementar el negocio? Si no se logra la colaboración de todos, ¿tendría sentido contratar consultores externos o personal de asesoría para que aporte ideas?

No existe una relación coste – beneficio que sea eficaz si no implica el desarrollo de los recursos humanos.

Desarrollar y utilizar la capacidad de los trabajadores para mejorar el rendimiento y conservar la seguridad en el trabajo resulta más adecuado que apelar a nuevos asesores, a directivos y consultores, corriéndole riesgo de perder la confianza de los demás trabajadores. La mayoría de las compañías japonesas parecen haber aprendido hace muchos años esta sencilla pero importante lección.

► Un empleo para todos

Aquellos trabajadores cuyas tareas se suprimen como consecuencia de las actividades de mejora deben trasladarse a los sitios donde sus capacidades resulten más útiles, o recibir un nuevo adiestramiento o formación para adquirir nuevas actitudes. Las personas que conozcan el funcionamiento de las máquinas pueden trabajar en la mejora de la maquinaria o en el proceso de selección de máquinas. Los empleados con aptitudes para el control de calidad pueden convertirse en instructores de control estadístico de procesos. Algunas de las personas que hayan trabajado en producción pueden dedicarse incluso a visitar a los clientes como representantes comerciales para vender más productos, o ayudar a los ingenieros en el desarrollo de nuevos productos.

No debe suponerse que las capacidades de un individuo no cambiarán con el paso del tiempo. Si se les brindan las adecuadas oportunidades para actualizar su potencial a través de la formación, el adiestramiento y otros programas de reciclaje, las personas tienen un potencial ilimitado. Sin embargo, a menudo estos valiosos recursos no se exploran debido a lo obsoleto de los sistemas, la rigidez de las estructuras y la insensibilidad de las actitudes de los directivos. Las aptitudes del personal pueden aumentar de modo significativo si la dirección les concede la adecuada atención. A medida que las relaciones con los proveedores cambian hacia una vinculación más estrecha, en lugar de centrarse en la mera negociación de precios, es preciso redefinir la posición de las personas dentro de la empresa.

► Las ansias de mejora de las personas

En una empresa todos los trabajadores pueden aportar algo a la mejora de la calidad del trabajo. No obstante, en muchas compañías el sistema de compensaciones y las estructuras no parecen plantear adecuadamente este factor. Por consiguiente, suele darse una falta de motivación o de incentivos para la mejora.

La cantidad de sugerencias formuladas por los empleados constituyen un indicador fidedigno del enlace directo que existe entre mejora y motivación. Se ha podido observar muchas situaciones en la que los programas de sugerencias se hallan en estado letárgico o inactivo como consecuencia de un proceso de evaluación pesado y excesivamente prolongado, o porque los empleados piensan que no pueden confiar en sus directivos. Si comparamos estos casos con una empresa como Toyota, cuyos empleados generan millones de sugerencias todos los años, con una tasa de aceptación superior al 90 %, ¿cómo podrán competir dichas compañías?

Si se reconoce que la viabilidad de una compañía está vinculada con la mejora, y que la mejora está vinculada con la motivación de los empleados, debe replantearse el significado del proceso de mejora para el personal de la fábrica.

Según cada situación, para este personal la mejora puede significar: más negocio, despidos, jubilación anticipada, congelación de la contratación de nuevo personal, reducción del personal temporal, asignación de recursos al desarrollo de nuevos negocios, producción en la compañía de piezas que antes se compraban fuera, una combinación de algunos de estos factores o todos ellos juntos.

A continuación se estudian los conceptos concretos más importantes en la gestión de recursos humanos y que hacen posible esta "mejora a través de las personas" a la que se está haciendo referencia. Los más importantes referidos en la bibliografía son los siguientes:

- Inteligencia.
- Imaginación.
- Emotividad.
- Motivación.
- Participación.

De los cuales el más ampliamente por su incuestionable valía como gestión de recursos humanos es la *motivación*, presente en todos los aspectos de todos los demás conceptos, y claramente el factor clave en la mejora a través de las personas en las organizaciones. Realmente todos interaccionan con todos, pero si hay uno en el que realmente la empresa pueda ayudar a desarrollar las aptitudes de las personas en a través de la motivación, no obstante se tratarán todos ellos a continuación.

2.12.2. Inteligencia

Es preciso distinguir el coeficiente de inteligencia de la educación intelectual que hayan recibido las personas.

El coeficiente de inteligencia se refiere a la capacidad intelectual que se mide mediante tests psicológicos o más manifiestamente en la práctica de la vida. La mayoría absoluta de las personas difieren poco en el coeficiente intelectual genético. Las diferencias fundamentales se hacen en y con la educación intelectual. La inteligencia humana es desarrollable y moldeable. Y el coeficiente real es el nivel adquirido al término y en la línea de educación correspondiente.

En el test de inteligencia, se atiende no sólo al coeficiente intelectual, sino a las cualidades básicas de inteligencia:

Normal	Escasa
Flexible	Inhibida
Reflexiva ponderada	Miedosa
Innovadora	Rígida
Creadora	Reflexiva abstracta

Rigidez – Flexibilidad son las dos formas de ser y de funcionar de la inteligencia. En un tiempo de turbulencias, sólo es válido como recurso humano empresarial la inteligencia flexible por su necesidad inevitable de adaptación y readaptación, de revisión interior y proyección exterior.

Los centros de enseñanza se preocupan más, o exclusivamente, de que sus alumnos salgan con buenas “credenciales” académicas que con la educación de su sensibilidad para el trabajo. Quizás sea la empresa moderna la que deba educar si no quiere marginarse y marginar a los suyos.

2.12.3. Imaginación

Hay personas y sociedades que mientras algo funciona no se les ocurre pensar y proyectar cómo podrían ser o funcionar de otra forma distinta, mientras que otras se están preguntando permanentemente si las cosas que ven y manejan podrían ser de otra manera y de qué manera, en esto consiste la imaginación; y así nace la ciencia, la innovación tecnológica.

Conscientes del valor de la imaginación inteligente para el trabajo en las empresas industriales, en las entrevistas a los candidatos al puesto de trabajo o a la promoción intraempresarial se indaga su imaginación:

Normal	Escasa
Innovadora	Irreal
Creativa	Descontrolada
Proyectiva	Utópica

2.12.4. Emotividad

Pasando de las emociones concretas a la emotividad como fuente de emociones y sentimientos, lo primero que hay que constatar es que la emotividad del ser humano resulta ambigua y ambivalente: puede ser una gran ayuda, un gran recurso humano; pero también puede resultar perjudicial y destructora según se la entienda y viva.

Dada la necesidad de racionalidad y equilibrio para el trabajo de adaptación en la empresa moderna, es necesario examinar la emotividad del candidato al puesto de trabajo o a la promoción intraempresarial. Las decisiones no se pueden tomar emocionalmente, ni desde la emoción ni desde su negación. Las decisiones se toman en la gestión convergente de la

inteligencia, de la imaginación y de la emoción. Por eso, se trata de constatar en él y en ella si su emotividad es:

Normal	Nula	Positiva
Escasa	Excesiva	Miedosa
Ambigua	Ansiosa	Depresiva

2.12.5. Motivación

Como se ha comentado con anterioridad, la motivación es normalmente contemplada como el "gran" recurso humano, como la mejor opción para hacer que las personas se sientan a gusto en su trabajo diario, que sean capaces de sentirse orgullosos y satisfechos por un trabajo bien hecho, de modo que su trabajo tenga beneficios no sólo para la empresa, sino para ellos mismos como personas, es decir, les ayude a crecer como tales y también como profesionales.

Es por todo ello que al hablar del factor humano como herramienta de mejora en cualquier organización, siempre se identifica directamente con la forma de motivar al personal, buscando el fin último de que cada miembro sea capaz de sentirse tan identificado con la empresa a la que pertenece que llegue a considerarla como una segunda familia, y, por tanto, la trate como tal en todos los aspectos en los que se ve involucrado. Y es que realmente el centro del Lean Management radica en el capital humano, al menos en los tiempos modernos. Si hace uno años, este despilfarro ni se consideraba, hoy en día ha venido a convertirse quizás en la clave de todo, el engranaje que mantiene unidas a las empresas, puesto que en definitiva, todo proceso productivo, toda máquina o herramienta, todo sistema de gestión, etc. ha sido ingeniado por personas, y son todas ellas las que definen una organización, no las piezas que producen.

Se entiende por motivación el proceso por el cual la necesidad insatisfecha de una persona genera energía y dirección hacia cierto objetivo, cuyo logro se supone habrá de satisfacer dicha necesidad. En esta definición existen 3 elementos fundamentales que se representan gráficamente en la figura siguiente:



En el ámbito de las organizaciones, la definición anterior resulta incompleta, ya que la persona o el grupo pueden estar motivados para perjudicar a la organización, y muy posiblemente que no es a este tipo de "motivación" a la que se refiere el planteamiento organizacional.

Tal consideración tiene la consecuencia de que a los 3 elementos mencionados deban agregárselos dos condiciones desde el punto de vista de la organización:

- Que la persona tenga cierto grado de satisfacción general con la organización.

- Que el objetivo de la persona sea convergente con los objetivos de la organización.

Esto se representa en la figura siguiente:



En algunos enfoques es válido encontrar la distinción entre motivar e incentivar, así se acentúa el hecho de que la motivación es un proceso interno de la propia persona equivalente a la energía y dirección que se incluyen en la definición que se ha dado.

Consecuentemente, en sentido estricto, sólo existiría "automotivación" y la organización nada podría hacer para "motivar" a la gente, sólo podría administrar estímulos externos que logren incentivarla.

Por ello, el tema de la motivación admite dos enfoques complementarios, a saber:

- El enfoque psicológico, que tiende a explicar el funcionamiento interno de la persona, en el que importan la estructura básica de la personalidad, el componente orgánico, la historia personal, entre otros, y sus anomalías, tales como neurosis, psicosis, etc.
- El enfoque socioorganizacional, más dirigido a las condiciones de la organización, la tarea, la política de recursos humanos y otros factores externos que afectan la motivación de las personas.

Como el propósito es aportar elementos a los futuros gerentes y directivos para mejorar las condiciones laborales, para obtener mejores resultados, mayores niveles de satisfacción de la gente y mayores oportunidades para que las personas hagan de su trabajo una ocasión de dignificación, se hará hincapié en el enfoque socioorganizacional, pero reconociendo que ambos enfoques son irrenunciables y mutuamente complementarios.

► Teoría de la jerarquía de las necesidades humanas de Maslow

Uno de los enfoques ineludibles es el del psicólogo norteamericano Abraham Maslow y su "pirámide de las necesidades", que ya se citó brevemente en el anexo I en el desperdicio de recursos humanos.

Maslow identificó cinco niveles distintos de necesidades, dispuestos en una jerarquía piramidal, en la que las necesidades básicas o "instintoides" se encuentran debajo y las superiores o "racionales" arriba, según se representa en el gráfico de la página siguiente:



Dicha jerarquía piramidal intenta expresar la idea de que las necesidades básicas resultan prioritarias respecto de las superiores, las que no constituirían auténticos motivadores mientras las inferiores se mantengan insatisfechas. A su vez, según el enfoque de Maslow, cuando un tipo de necesidad queda satisfecha, deja de motivar comportamiento respecto de ese nivel, liberando energía para que la persona se aboque a la resolución de una instancia superior de necesidades respecto de la satisfecha. Por consiguiente, si la persona viera amenazada la satisfacción de un nivel inferior, se abocaría prioritariamente a éste, postergando la superior.

Los niveles de necesidades identificados por Maslow son:

- **NECESIDADES FISIOLÓGICAS BÁSICAS**

Tienen que ver con la naturaleza del ser vivo: respirar, beber, alimentarse, dormir, mantener el calor, etc. Si éstas no pueden ser mínimamente cubiertas, estaría amenazada la subsistencia física de la persona.

- **NECESIDADES DE SEGURIDAD**

Se relacionan con la conservación de lo que se tiene y valora, y con evitar el peligro y prever el futuro.

- **NECESIDADES SOCIALES**

Las personas tienen la necesidad de vivir en relación, en contacto con sus semejantes, y pertenecer a un grupo primordialmente informal, como la familia y los amigos, y por extensión, formal, como una organización empresaria en la que puedan reproducirse las características propias del grupo primario (cordialidad, afecto, buen trato, etc.).

- **NECESIDADES DE EGO**

También conocidas como "necesidades de estima". A las personas no les basta con integrar un grupo o conjunto humano, sino que es necesario recibir reconocimiento de los otros en términos de respeto, status, prestigio, poder, dinero, etc. Este reconocimiento externo alimenta la autoestima como expresión de autovaloración, seguridad en sí mismo e independencia. Aquí importa también el prestigio que el rango de la empresa transfiere a sus miembros.

- **AUTORREALIZACIÓN**

Dado que toda persona nace con ciertas potencialidades y talentos, aparece la necesidad de realizarlos. Consiste en la búsqueda de la plenitud, se relaciona con la vocación o misión personal, también con la aspiración de una mayor unidad e integridad personal. Como se ve, se trata de una tensión autosuperadora permanente.

El modelo de Maslow resulta útil para deducir algunos aspectos muy importantes en la gestión de recursos humanos:

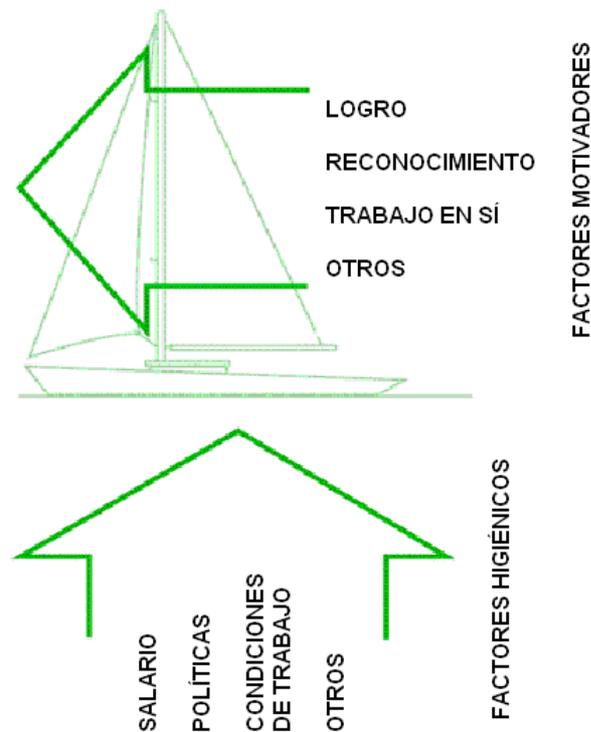
- No existe un único tipo de necesidad entre el personal; por lo tanto, ningún factor motivador aislado ("teoría de la zanahoria") podrá funcionar eficazmente. Se trata de proponer un "abanico" de estímulos o incentivos.
- Dado que la pirámide se va a dar según la persona o los niveles socioculturales del grupo del que se trate, los incentivos propuestos deben estar en línea con las aspiraciones reales de cada grupo humano. Es decir, las políticas de incentivos demasiado uniformes tienden a dejar amplios sectores insatisfechos.
- Destaca que, en la medida en que un grupo humano progresa, los incentivos que hasta ayer funcionaban pierden atractivo en la medida en que se obtienen y aseguran, debiéndose indagar cuáles son las nuevas aspiraciones o motivos. Por lo tanto, todo sistema de incentivos debe ser dinámico y abierto a un constante feedback respecto de las aspiraciones reales de la gente, que es cambiante.

► Factores motivadores e higiénicos

A fines de la década de los 50, un grupo de investigadores dirigidos por Frederick Herzberg desarrollaron un extenso trabajo en diez empresas.

El estudio se basó en cuestionarios individuales, en los que se indagaba cuáles aspectos de su trabajo les provocaban satisfacción y cuáles insatisfacción. Los resultados permitieron consolidar sendas listas de factores.

Herzberg y su equipo lograron aislar dos tipos de factores, según se resumen en el siguiente gráfico:



- Las condiciones necesarias pero no suficientes de motivación que apuntan a la satisfacción de necesidades básicas funcionan como el mínimo nivel de agua para un yate; la existencia del agua hace que el barco flote, pero eso no asegura que navegue hacia destino. Del mismo modo, la satisfacción de las necesidades básicas, mediante los factores que los investigadores llamaron "higiénicos", no producirían insatisfacción o quejas entre los empleados (evitaría que se "hundieran" en la insatisfacción), pero no garantizarían una motivación que se traduzca en esfuerzo y energía hacia el logro de resultados y la superación de rendimientos (navegar hacia destino). Herzberg utilizó el término sanitario "higiénicos" para expresar la idea de su función preventiva. Algunos de estos factores serían: las políticas de recursos humanos de la empresa, la calidad de la supervisión, el

clima de las relaciones interpersonales, las condiciones físicas del trabajo, el salario recibido, etc.

- El trabajo en sí, que es fuente de orgullo y satisfacción para la persona y que se relaciona con la necesidad de autoestima y desarrollo personal. Son los que, según Herzberg, verdaderamente "mueven el barco" y, por lo tanto, fueron llamados "motivadores". Algunos de ellos serían: el trabajo en sí (su relación con el gusto y vocación de la persona), el grado de logro (producto del grado de exigencia de la tarea, ni muy fácil y rutinaria, ni excesivamente difícil o de logro imposible), la posibilidad de progreso, el grado de responsabilidad y autonomía asignados, el reconocimiento recibido por parte de los superiores, compañeros y subordinados, etc.

Desde el punto de vista de la aplicación práctica en la empresa, lo que Herzberg dice es que, si se dedicara mayor atención e inversión al enriquecimiento de los puestos de trabajo, al reconocimiento de logros y al apoyo al crecimiento y desarrollo respecto de lo que se invierte en los factores higiénicos, los resultados en términos de rendimientos y satisfacción humanos se acrecentarían considerablemente.

Del mismo modo, muchos sistemas de incentivos basados en factores motivadores han fracasado por no haberse cuidado previamente los factores higiénicos.

Entre el modelo de Maslow y el de Herzberg existe una vinculación bastante estrecha. En condiciones normales, los factores higiénicos de Herzberg tienden a coincidir con necesidades inferiores o "instintoides" de la pirámide de Maslow. En ambos enfoques, al no estar presentes o

suficientemente satisfechas las necesidades inferiores o higiénicas, no aparecerían como motivadoras las superiores.

► Teoría de las expectativas

Los modelos anteriormente expuestos apuntan fundamentalmente a identificar los factores de la motivación en relación con las necesidades humanas. Desde un enfoque distinto, aunque complementario, Víctor H. Vroom profundizó en la dinámica del proceso de la motivación. Sus estudios destacan que las personas altamente motivadas son aquellas que perciben ciertas metas o incentivos como valiosos para ellos y, a la vez, perciben subjetivamente que la probabilidad de alcanzarlos es alta.

Este concepto traducido en un modelo matemático dice que la fuerza de la motivación de una persona en una situación determinada equivale al producto entre el valor que la persona le asigna a la recompensa y la expectativa de su posible logro:

$$\text{FUERZA MOTIV.} = \text{VALOR META/RECOMPENSA} \times \text{POSIBILIDAD LOGRO}$$

La fuerza didáctica de la expresión matemática de Vroom radica en subrayar la idea de que, si cualquiera de ambas variables tuviera valor cero, la persona no se motivaría en absoluto. Ello se daría en los casos en los que la meta o recompensa resultase indiferente para la persona, o bien cuando la expectativa del logro fuera dudosa o poco probable.

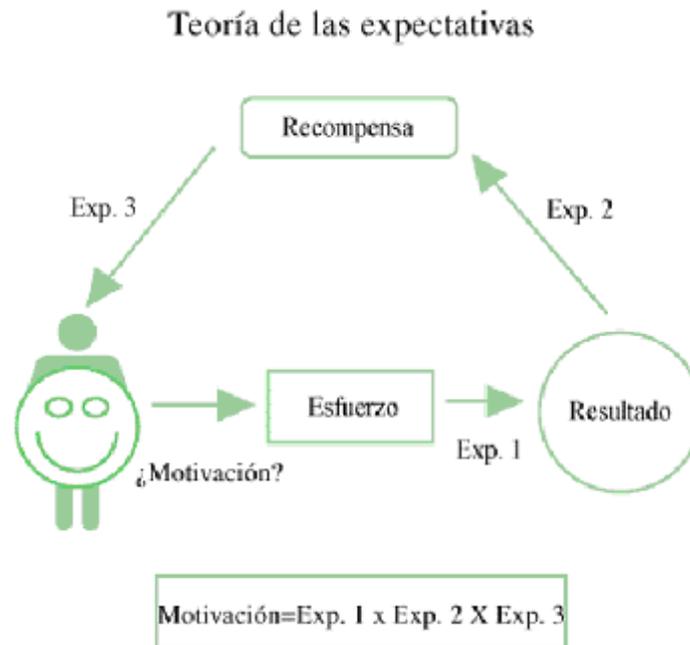
A su vez, si la recompensa por determinada acción fuera desagradable para la persona (dolor, apercibimiento, castigo, etc.), la motivación dejaría de ser indiferente para traducirse en aversión o huida de dicha conducta y su orientación hacia la contraria.

Las conclusiones de Vroom refuerzan criterios muy importantes para los gerentes y las organizaciones que aplican sistemas de administración por objetivos y estímulos por resultados. Algunos de ellos son:

- La definición de estándares, metas y objetivos deben responder a estimaciones de probabilidad de logro reales. Se trata de definir exigencias que representen auténticos desafíos, es decir, objetivos alcanzables, aunque con un esfuerzo adicional.
- Las recompensas por logro deben estar muy bien alineadas con las verdaderas expectativas de las personas. Ello requiere conocimiento de las mismas, su cultura e intereses, y un sistema de recompensas con multiplicidad de estímulos.

A su vez, Lyman W. Porter y Edward Lawler, basándose en los descubrimientos de Vroom, lograron consolidar un modelo más completo. Según estos autores, la fuerza de la motivación está en función del *valor que el sujeto le atribuye a la recompensa* (aspecto ya visto por Vroom), más la *cantidad de esfuerzo que la persona cree que deberá aplicar* para lograrla. Aquí también es claro que la "cantidad" de esfuerzo se refiere a lo que la persona percibe subjetivamente como excesivo, adecuado o escaso.

Finalmente, habría que considerar también el grado de seguridad que la persona tiene respecto de recibir o no la recompensa, habiendo alcanzado el resultado. Todo ello se representa en el gráfico de la página siguiente:



Este modelo incorpora nuevas ideas que en el modelo de Vroom no parecían suficientemente destacadas, a saber:

1) El logro o desempeño de un sujeto en su trabajo tiene que ver con el esfuerzo efectivamente aplicado. Pero, para que la cantidad de esfuerzo sea percibida por la persona como adecuada, es importante que el sujeto tenga un esclarecimiento realista de dos cuestiones muy importantes:

- Su propia competencia (conocimientos y habilidades) para el desarrollo de la tarea. Esto tiene que ver con la propia autoestima y el feedback que el trabajador obtiene de su desempeño a lo largo de su carrera laboral por parte de la organización en general, y a través de sus jefes directos en particular. Por ello, toda vez que se menosprecia a la gente se debilita su disposición a esforzarse en la tarea y, en definitiva, de lograr resultados satisfactorios. Del mismo modo, toda sobreestimación lleva a las personas a aferrarse en áreas en las que sus esfuerzos se verán

dudosamente recompensados, siendo esto la antesala de la frustración y desmotivación consecuentes.

- Las exigencias reales y objetivas de la tarea. Aquí importa la claridad de las asignaciones de tareas y proyectos. En un contexto cada vez más cambiante y dinámico, es proporcionalmente difícil hacer descripciones detalladas de tareas, dado que cada vez con mayor frecuencia éstas resultan novedosas. Pero esta exigencia se puede cubrir si, en lugar de trabajar sobre la descripción de puesto o tarea tradicional, se definen áreas de competencias necesarias y, potenciando el trabajo en equipo, para cubrir exigencias siempre cambiantes en áreas específicas por la vía de la complementación y la polifuncionalidad. De todos modos, ello no anula la necesidad de achicar al máximo posible la brecha de expectativas entre la organización y las personas, respecto de las funciones a desempeñar.

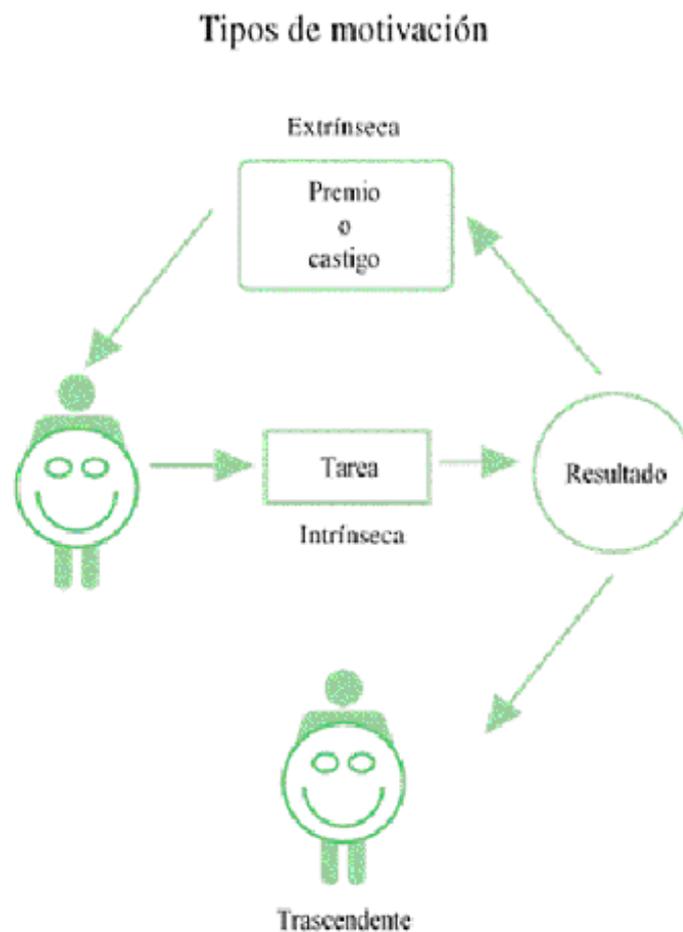
2) Que la recompensa asociada con el logro resulte valiosa para el sujeto. Aquí "valiosa" significa equitativa o proporcionada respecto del esfuerzo y la tarea. Si esta proposición es reconocida en la mente del sujeto a motivar, la recompensa producirá satisfacción, y la satisfacción reforzará la disposición de la persona hacia la tarea.

3) Finalmente, importa si esa recompensa se hace o no efectiva. Así se cierra el circuito reforzador de la conducta. Es importante advertir que el circuito se cierra con la experiencia efectiva pasada. Por ello, la historia de logro personal y cumplimiento de las promesas hechas por la organización resulta determinante. Cuando en esa historia hay experiencias de fracasos o incumplimiento, es muy difícil recomponer el circuito. De allí, la necesidad de evitar asignaciones que escapen a las posibilidades reales de la gente y de cumplir los compromisos asumidos desde la organización. Las mismas

frustraciones se dan cuando la persona no tiene una percepción real de sus habilidades o imagina recompensas no existentes. Aquí se destaca la idea de que, cuando alguien intenta influir en la motivación propia o de otros, no sólo debe tratar con cosas "reales", sino también con el complejo mundo de las percepciones, o de lo que los psicólogos llaman el "imaginario".

► Tipos de motivación en las organizaciones

Es posible también distinguir distintos tipos de motivación, teniendo en cuenta cuáles son los factores que en cada circunstancia determinan la conducta del sujeto; se representan en el gráfico siguiente:



MOTIVACIÓN INTRÍNSECA

Corresponde a la satisfacción que siente el sujeto producida por la misma conducta o tarea al ser realizada. El ejemplo más cercano es el de los deportes, los hobbies, el juego, la conversación con amigos, etc. Estas actividades gustan y se disfrutan por su misma realización; no preocupan los ulteriores beneficios que podrían acarrear.

Pero también este tipo de motivación puede estar presente en lo laboral. En verdad, es un desafío para las empresas, pero también para cada persona, intentar convertir la jornada laboral en una ocasión de disfrute, y no en una mera carga. Este tipo de motivación se asienta sobre dos aspectos:

- Un aspecto subjetivo, que corresponde a los gustos, vocación o estilo personal de quien ejecuta la tarea (así podrá haber personas más orientadas a tareas ejecutivo-operativas; otras a tareas más analítico-administrativas, etc.).
- Un aspecto objetivo, determinado por la calidad de la misma tarea desde el punto de vista de su mayor o menor enriquecimiento.

Así las tareas menos enriquecidas, repetitivas, burocráticas, con poco margen para ejercer creatividad e iniciativa personal, tenderán a producir menor motivación intrínseca. Esta última hipótesis constituye una generalización, toda vez que se encuentran personas que prefieran tareas más simples, que les resulten menos exigentes.

Por otra parte, la organización puede incrementar la motivación intrínseca mejorando las condiciones laborales inmediatas a la tarea, y que

hoy pueden identificarse como factores de "calidad de vida laboral". Estas condiciones pueden agruparse en cuatro tipos:

- Logísticas: las herramientas con que se provee a la persona para realizar la tarea.
- Entorno físico: el lugar físico en el que se desempeña la persona, temperatura ambiental, iluminación, ruidos, etc.
- Entorno humano: corresponde al "clima" que se vive entre compañeros, superiores, otros sectores, clientes y proveedores internos y externos de la organización.
- Resultados: se trata de la percepción del lapso, producto u output del proceso laboral en el que el sujeto participa. Se vincula con el orgullo y satisfacción que produce ver culminada y bien hecha la propia tarea.

MOTIVACIÓN EXTRÍNSECA

En este caso, lo que mueve a la persona es el beneficio obtenido como resultado de su desempeño. Este resultado podrá ser satisfactorio (dinero, premios, toda clase de reconocimientos en general), pero también puede tratarse de evitar consecuencias desagradables (castigos, apercibimientos, accidentes, despidos, etc.). Aquí importa fundamentalmente el sistema de incentivos (premios y castigos) que la organización propone a las personas como contraprestación por su contribución. En ocasiones extremas, la motivación extrínseca explica que muchas veces se desarrollen tareas que exigen gran esfuerzo, o que resultan desagradables, toda vez que exista un valor ulterior buscado. Un ejemplo de dicha situación sería el de quien emprende un doloroso tratamiento para conservar su salud o para evitar sufrimientos mayores.

MOTIVACIÓN TRASCENDENTE

Muchos de los comportamientos de las personas no se explican exclusivamente por el beneficio extrínseco obtenido debido a su condición de "seres sociales", o por la satisfacción intrínseca lograda, sino por el beneficio o satisfacción que obtiene un tercero, o bien porque éste evita algo negativo para él. Esto verifica que el destino de los demás no es indiferente al resto, sino que, en condiciones normales, la naturaleza humana lleva a actuar solidariamente con o para otros. Esto explica el espíritu de servicio que se expresa en las más diversas actividades humanas, desde la familia original, donde los padres se esfuerzan en su trabajo para obtener un mejor nivel de vida para sus hijos, o de todas aquellas personas que se desempeñan como voluntarios en organizaciones de bien público.

Se ha discutido si este tipo de motivación es aplicable a la organización con fines de lucro, haciendo una tajante escisión entre la búsqueda de rentabilidad (objetivo básico de este tipo de organización) y las responsabilidades que ella tendría frente al bien común de la sociedad circundante a la misma. Sin embargo, hoy en día se destaca una creciente conciencia en la cultura ciudadana por determinados valores, tales como la ecología, la contribución impositiva, la ética comercial o la responsabilidad social. En relación con ello, es importante advertir que, cuando una empresa emprende acciones para proyectar en la comunidad una imagen de integridad y solidaridad, también está proyectando la misma imagen hacia adentro. Finalmente, entonces, es válido esperar que dichas personas se sientan más motivadas para desempeñarse en una organización que contribuye efectivamente con el bien común general, que en una organización cuya legitimidad social resulta dudosa.

Los tres tipos de motivación no se dan aislados: convergen en cada persona y en cada tarea. Las personas no responden del mismo modo a las

tres dimensiones. Algunos son muy sensibles a la satisfacción o insatisfacción que les produce la misma tarea; otros se fijan preponderantemente en las recompensas que obtendrán por su realización. Un tercer grupo es el de quienes se orientan fundamentalmente a la contribución social que su trabajo significa. Por lo tanto, aquellas organizaciones que logren obtener mejores condiciones en las tres dimensiones de la experiencia laboral, tendrán mayores posibilidades de contar con porcentajes relativamente extensos de empleados motivados y brindarán a su personal mejores condiciones para una calidad de vida laboral satisfactoria.

2.12.6. Participación

La información y comunicación son los instrumentos fundamentales para establecer una participación adecuada que exprese los intereses de todos los grupos que intervienen en la empresa; permiten precisar con efectividad el funcionamiento y las circunstancias de la empresa.

Una información más exhaustiva sobre lo que pasa en la empresa amplía sus conocimientos sobre el "riesgo social" que corren en el plano económico y a nivel de la estabilidad de su puesto de trabajo. Actualmente, la información que se ofrece en seno de la mayoría de la empresas es insuficiente tanto cualitativa como cuantitativamente, hay abundancia de información pero ésta no es completa, clara, honesta y asimilable.

En la administración actual de las organizaciones empresariales, la participación de todos sus miembros y grupos de interés ha alcanzado un papel protagonista por su capacidad para lograr un mayor grado de compromiso e identificación con la empresa, estimular y canalizar la capacidad creativa e innovadora de los individuos y, en definitiva, para

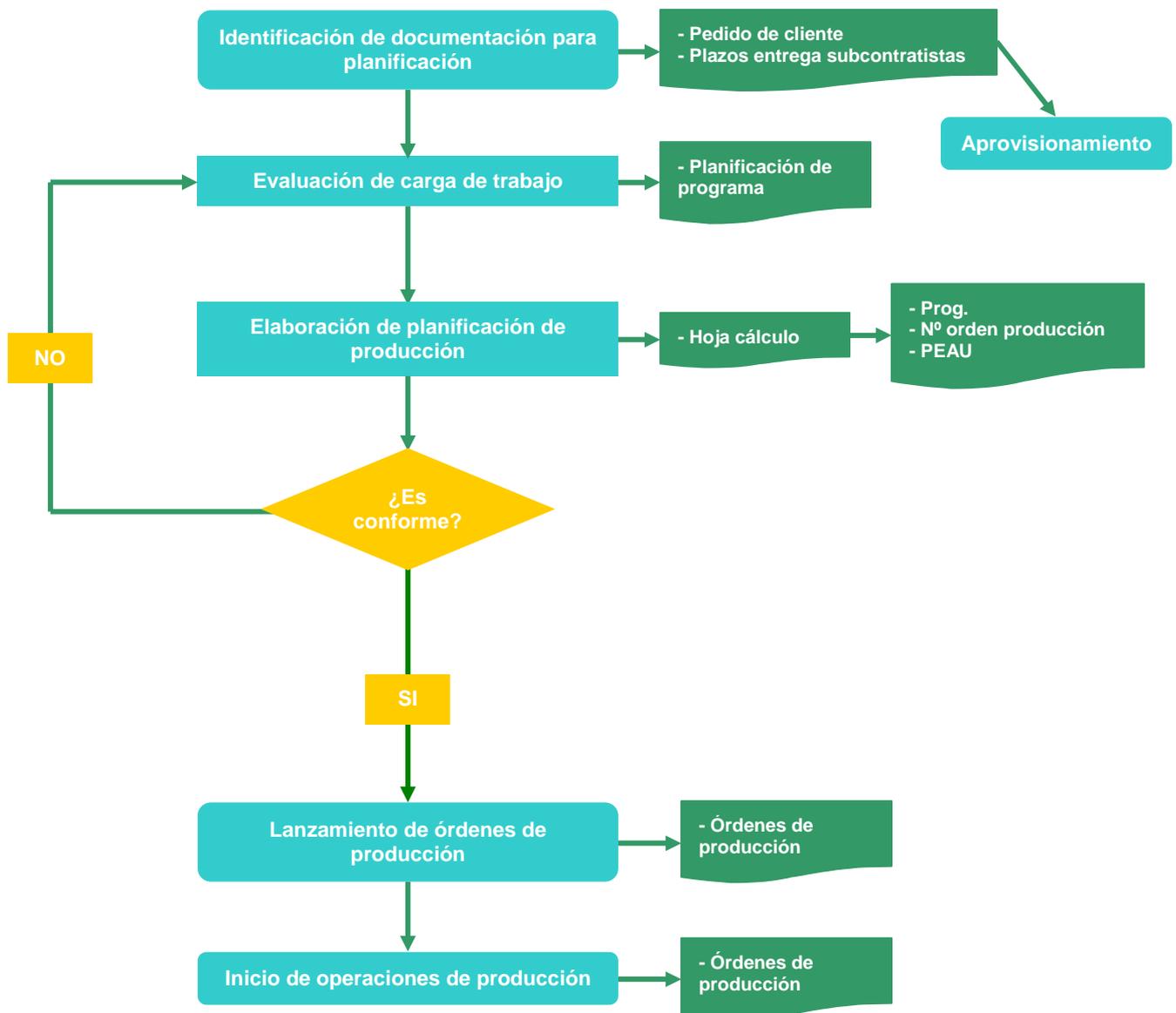
incrementar la calidad y la productividad en el trabajo. Es por ello que, hoy en día, toda empresa que se precie es, o dice ser, participativa.

La participación entendida en el sentido tradicional de pedir opinión, consultar, escuchar a los subordinados antes de emprender una determinada acción, viene dando paso a un nuevo enfoque basado en la auto-responsabilidad o co-responsabilidad del grupo en la toma de decisiones, al que se podría sumar, como siguiente paso, la dirección por consenso.

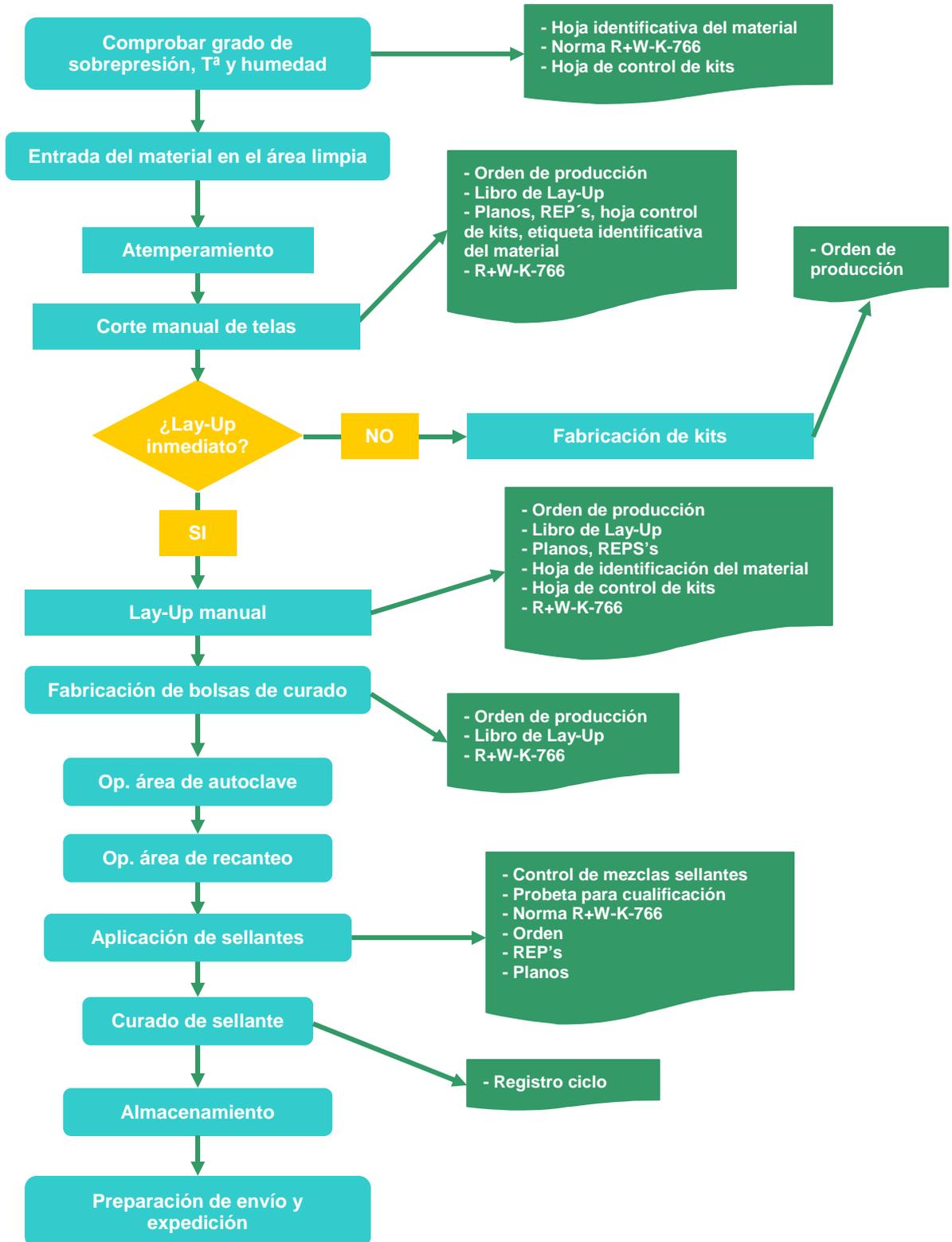
Según el enfoque del Lean Management, todas sus herramientas deben enfocarse siempre hacia el factor humano; debe tenerse siempre presente cuando se trabaje con todas ellas, y no realizar el análisis y diagnóstico junto con las propuestas de mejora ignorando a los trabajadores de la empresa. Si bien es cierto que una implantación Lean normalmente se lleva a cabo durante un dilatado periodo de tiempo por parte de un equipo especializado de profesionales, este equipo debe estar constantemente abierto a las personas que realmente desarrollan su labor profesional en el proceso productivo que está en estudio, pues, como se ha venido comentando repetidamente a lo largo de esta completa descripción de herramientas Lean, todas ellas no tendrían razón de ser de no estar centradas en las personas, que son las que realmente "dan vida" a una empresa y, por tanto, la hacen competitiva en el mercado.

ANEXO III: ESQUEMAS GRÁFICOS REFERENTES AL PROCESO PRODUCTIVO

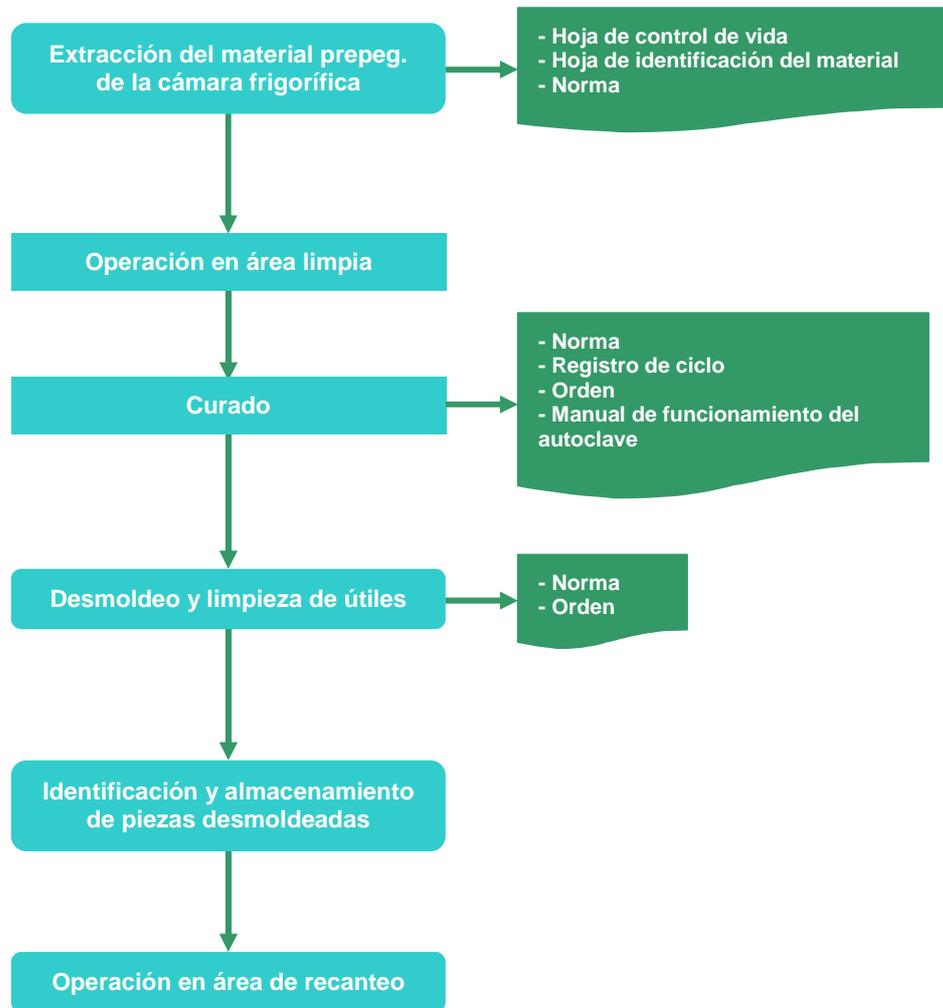
3.1. PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN



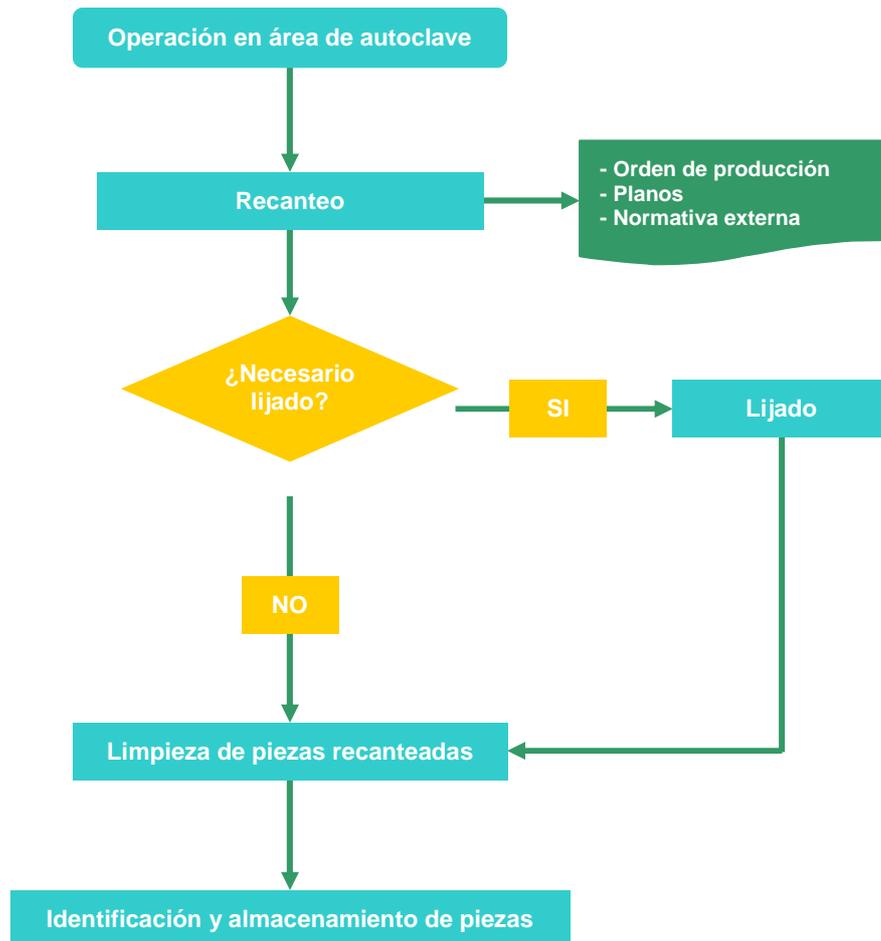
3.2. OPERACIÓN EN EL ÁREA LIMPIA



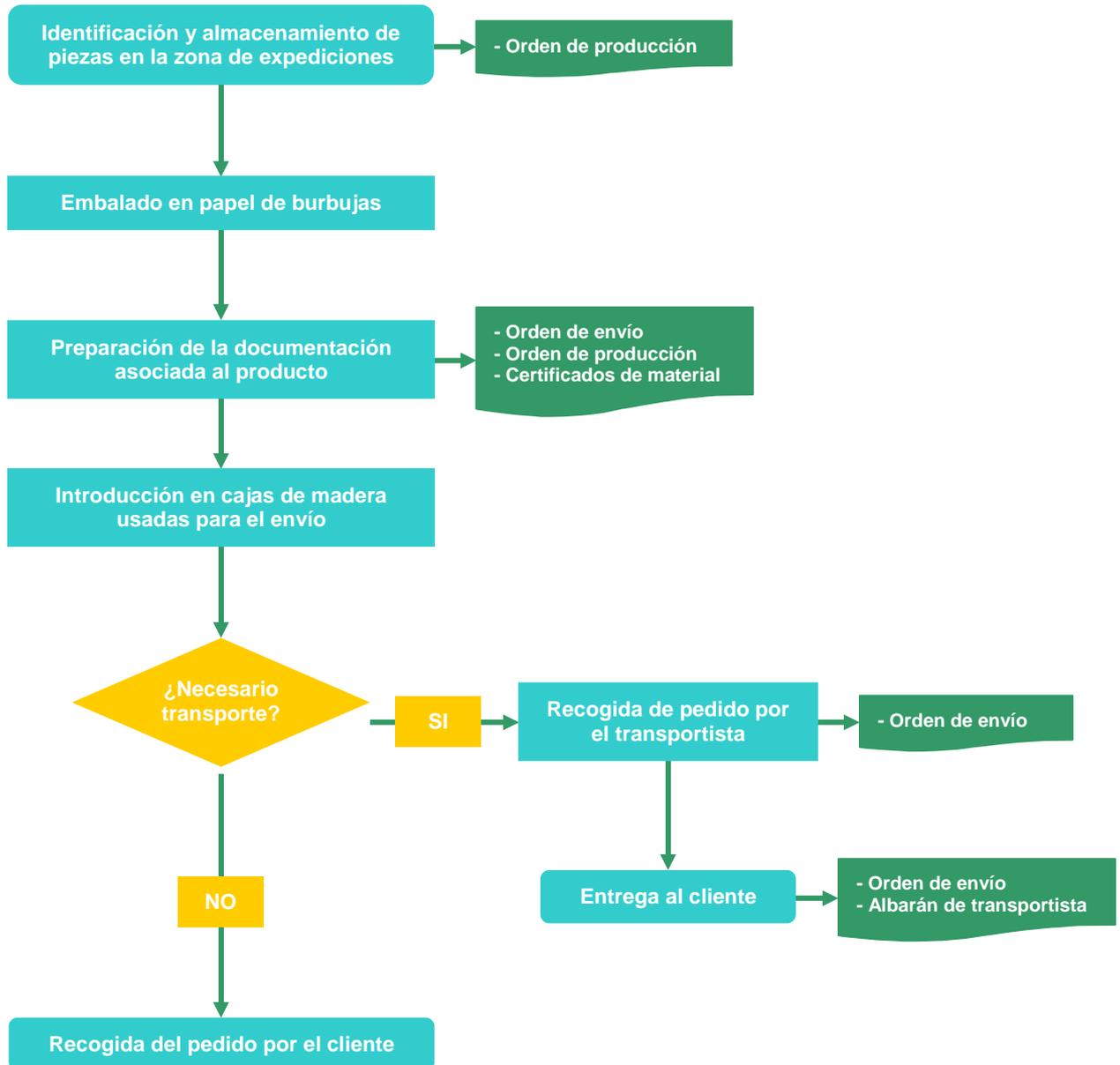
3.3. OPERACIÓN EN EL ÁREA DE AUTOCLAVE



3.4. OPERACIÓN EN EL ÁREA DE RECANTEO



3.5. PREPARACIÓN DE ENVÍO Y EXPEDICIÓN



ANEXO IV: EL "VALUE STREAM MAP"

El "*Value Stream Map*" (o mapa de la cadena de valor) es un documento físico que resulta del sencillo método manual de cartografiar la cadena de valor ("*Value Stream Mapping*"). Tan importante es el mapa como el proceso de su cartografía, que enseña a observar adecuadamente para poder eliminar las causas raíz de los despilfarros. Eliminar dichas causas es como se ha comentado con anterioridad la finalidad de la filosofía Lean.

Los expertos en Lean Management suelen considerar en la bibliografía especializada al VSM como algo más que una herramienta del tipo del Housekeeping, TPM, etc. Para ellos el VSM es una forma de expresión que permite visualizar la cadena de valor de un proceso de producción de una forma que ninguna otra herramienta permite, de ahí que se trate por separado de las demás (analizadas en el anexo II).

Siempre que se entrega un producto o un servicio a un cliente, hay detrás una *cadena de valor*. *Valor* es aquello por lo que el cliente está dispuesto a pagar. La *cadena de valor* es el conjunto de acciones (con y sin valor añadido) que han sido necesarias para, moviendo el producto a través de toda la organización, es decir, a través del diseño (desde el concepto hasta el lanzamiento), la producción y distribución (desde la materia prima hasta las manos del consumidor) y la gestión administrativa (desde el pedido hasta el cobro), hacerlo llegar finalmente al cliente.

El VSM se comenzó a utilizar puertas afuera de Toyota a partir de 1998, y se ha convertido, sin lugar a dudas, en herramienta vital del viaje a recorrer por cualquier organización que persiga ser cada vez más Lean, especialmente para aquellas que empiezan dicho viaje.

En el VSM se representa tanto el flujo de materiales como el flujo de información y las relaciones que existen entre ellos de "puerta a puerta" de la planta de producción. Es una herramienta sencilla que permite una visión panorámica de toda la cadena de valor. Se trata pues de una herramienta cualitativa en la que los datos se emplean para crear sentido de urgencia. Además, su versatilidad es enorme, ya que puede adaptarse a las necesidades de cada empresa, incluyéndose en él la información que los ingenieros realmente necesitan considerar para analizar la cadena de valor.

El VSM se elabora para una determinada familia de productos (o para varias en el caso de que las características de sus procesos de fabricación difieran en muy poca medida en su esencia). Una vez seleccionada dicha familia, se comienza a confeccionar el mapa, para el cual se usan una serie de sencillos iconos que ya se han convertido en un estándar. Se representa al cliente en la parte superior derecha, y en la superior izquierda se representa a los principales proveedores, colocando entre ambos al departamento de Control de Producción. A una altura media y de izquierda a derecha se representa el "macro proceso" de fabricación, con una casilla para cada uno de los procesos que lo componen. Bajo cada casilla de proceso, dentro de un cuadro de datos, se recogen todos aquellos que el ingeniero considere útiles para los fines perseguidos (algunos ejemplos son el tiempo de ciclo, el tiempo de cambio, la eficiencia global del equipo, el número de personas trabajando, el tiempo disponible, etc.), nunca debiendo sobrecargarse un diagrama con datos que realmente luego no van a tener relevancia en el estudio del proceso. Entre los distintos procesos que componen la fabricación se representan los inventarios (stocks) de fabricación en curso existentes mediante triángulos. La inclusión correcta de estos inventarios es vital para conseguir los fines deseados, ya que posteriormente se identificarán a los mismos como tiempo de valor no añadido y, por tanto, como objetivo susceptible de ser atacado por las distintas mejoras Lean que puedan plantearse desde ingeniería.

Los datos se deben recoger sobre el terreno, reflejando la realidad y desconfiando de los datos facilitados por el sistema de información o por los procedimientos ya existentes. Al tratar de descubrir *cómo* cada proceso sabe lo que debe producir para su cliente (o sea, para el proceso siguiente) y *cuándo* fabricarlo, se descubre otra clase de información indispensable, el *flujo de material*, que también debe quedar reflejado en el diagrama.

Para el aprovisionamiento de proveedor y los envíos a cliente se dibuja un icono de un camión indicando la frecuencia de los envíos, tipo de contenedores, así como cualquier información considerada útil al respecto.

Llegados a este punto se pasa a representar el *flujo de información*. Las flechas que comunican al cliente con el departamento de Control de Producción indican previsiones, programas, pedidos, y su frecuencia. Una representación análoga se utiliza para las previsiones y pedidos de la empresa hacia sus proveedores. Tras descubrir cómo se comunica realmente el programa de producción a los procesos, se representan las conexiones entre el departamento de Control de Producción y aquellos.

En la parte baja se representa la *línea de tiempos*, en la que los tiempos de ciclo de producción de cada proceso serán normalmente los tiempos "VA" en los que se genera valor añadido (aproximación conservadora), representándose en los segmentos superiores, y el resto de tiempos serán "VNA" o de valor no añadido, representándose en los segmentos inferiores. La comparación entre los tiempos totales de valor añadido y totales de no valor añadido es esclarecedora, siempre sorprendente y además un excelente indicador del potencial de mejora. De este modo puede visualizarse de una manera global la importancia de cada uno de los subprocesos y de los tiempos muertos en el "Lead Time" total del proceso de producción, y así poder proceder a estudiar posibles mejoras.

Una de las principales ventajas de esta herramienta es que permite “cerrar el círculo” desde el pedido del cliente hasta la entrega del producto terminado. Es una herramienta esencial para traspasar la noción de proceso, esto es, ver y pensar en flujos (de información y material) y no en procesos aislados. Es una forma de ver, y de aprender a ver, lo que está pasando realmente en la empresa.

En un estudio de gestión Lean Management a través de esta herramienta normalmente se dan las siguientes etapas:

1ª) CSVSM (Current State Value Stream Map – Mapa de la Cadena de Valor del Estado Actual): el primer paso consiste en obtener el mapa de la cadena de valor para el momento actual de la producción, recomendándose para ello un análisis en profundidad de lo que acontece en el proceso productivo “in situ y en tiempo real” a ser posible.

2ª) FSVSM (Future State Value Stream Map – Mapa de la Cadena de Valor del Estado Futuro): el siguiente paso consiste en identificar modos de mejorar los flujos tratando de eliminar las causas raíz del desperdicio utilizando así el tiempo, talento y recursos de manera más eficiente. Para este fin se usan el resto de las herramientas del Lean Management, y, por encima de todo, el sentido común. Este segundo paso conducirá a la representación del VSM del estado futuro, otro mapa que representa dónde se quiere estar dentro de un periodo de tiempo.

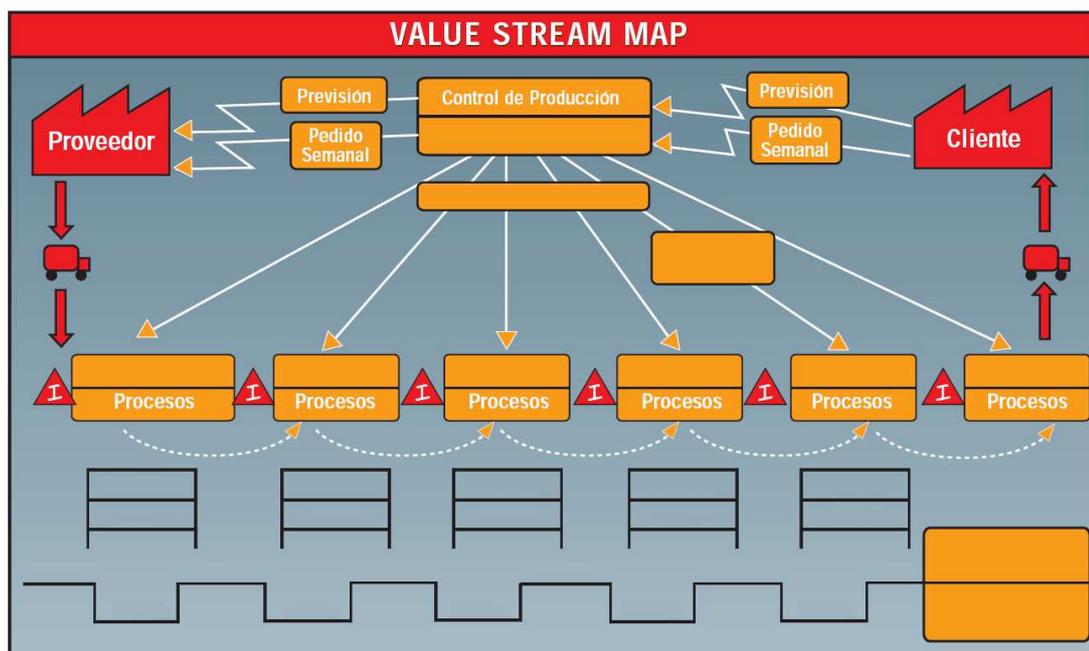
3ª) PLAN DE ACCIÓN: el tercer paso consiste en desplegar el plan de acción con objetivos, plazos y responsables, tratando de simplificar y mejorar la cadena de valor por segmentos. Se evita de esta manera el empleo aleatorio de herramientas Lean. Se emplearán aquellas herramientas que se necesiten, donde se necesiten y cuando se necesiten. Se revisa la implantación de las acciones mediante un plan de seguimiento. Estas

acciones conducirán a una reducción del trabajo en curso, plazos de entrega, agrupación de tareas, reducción de defectos o errores, y a respuestas más rápidas ante los cambios de clientes, entre otros.

Estas tres etapas forman un ciclo sin fin en el viaje hacia Lean:



A continuación se muestra la estructura típica de un VSM:



En función del proceso en cuestión, la información reflejada en el VSM será de un tipo u otro, aunque los tiempos siempre estarán presentes.

ANEXO V: TABULACIÓN DE DATOS OBTENIDOS DURANTE EL ANÁLISIS EN TIEMPO REAL

A continuación se presentan los datos de tiempos obtenidos a través de la observación y análisis en tiempo real del proceso de producción en la planta de composites, tanto para la fabricación de piezas para el avión A340 como para las del A400M. Los valores medios de los resultados de los distintos lotes de producción en estudio son los que se han tomado como base para la construcción de los mapas de la cadena de valor en cada caso que aparecen en el capítulo 5 de la memoria descriptiva.

Para el caso del avión A340 los resultados corresponden a un estudio de 8 lotes de fabricación de 8 barras cada uno, todas ellas fabricadas con tejido de fibra de carbono preimpregnado en resina epoxy, 4 con 20 telas apiladas y otras 4 con 30 telas.

En el caso del A400M el estudio se ha efectuado sobre 5 lotes de fabricación de 5 barras cada uno, de 12 telas de tejido de fibra de carbono preimpregnado en resina epoxy cada una, y una de ellas con una tela adicional de fibra de vidrio en la última capa (13 telas). Tras en recanteo se obtienen un total de 38 piezas elementales, de las que tras el proceso de sellado quedan un total de 15 piezas finales.

El formato usado en los tiempo es el de "HORAS:MINUTOS", con las siguientes precisiones dependiendo del tiempo global de sub-proceso:

Duración	Precisión	Duración	Precisión
0 – 1 h	1 min	3 – 4 h	20 min
1 – 2 h	5 min	4 – 5 h	30 min
2 – 3 h	10 min	+ 5 h	1 h

ANÁLISIS EN TIEMPO REAL DE LA PRODUCCIÓN DE PIEZAS DEL A340												
DURACIÓN ("HORAS:MINUTOS")												
Nº	SUB-PROCESO	VA / VNA	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	LM	
1	INVENTARIO DE KITS DE TELAS EN LA CÁMARA FRIGORÍFICA	VNA	84:00	109:00	53:00	69:00	115:00	88:00	97:00	91:00	88:15	
2	EXTRACCIÓN DE KITS DE TELAS DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA	VA	TIEMPO FIJO DE ATEMPERAMIENTO									4:00
			0:20	0:36	0:22	0:28	0:37	0:16	0:25	0:18	0:25	
3	INVENTARIO DE KITS DE TELAS SIN VERIFICAR EN LA SALA LIMPIA	VNA	0:17	0:34	0:28	0:11	0:43	0:15	0:26	0:11	0:23	
4	VERIFICACIÓN DE KITS TELAS EN LA SALA LIMPIA	VNA	0:30	0:18	0:25	0:16	0:13	0:34	0:20	0:22	0:22	
5	INVENTARIO DE KITS DE TELAS VERIFICADOS EN LA SALA LIMPIA	VNA	0:08	0:07	0:11	0:04	0:07	0:06	0:15	0:20	0:09	
6	LIMPIEZA DE ÚTILES Y APLICACIÓN DE AGENTES DESMOLDEANTES	VA	TIEMPO FIJO DE CURADO DEL DESMOLDEANTE A T° AMB.									1:00
			0:53	1:05	0:46	0:42	0:55	1:15	0:47	0:55	0:54	
7	INVENTARIO DE ÚTILES LIMPIOS EN EL INTERIOR DE LA SALA LIMPIA	VNA	0:15	0:54	0:34	0:22	0:18	0:48	1:05	0:25	0:35	
8	LAY-UP (APILAMIENTO) Y COMPACTACIONES NECESARIAS	VA	3:40	4:00	3:20	5:00	3:40	4:00	3:40	5:00	4:02	
9	INVENTARIO DE PIEZAS APILADAS SIN BOLSA DE VACÍO EN LA SALA LIMPIA	VNA	17:00	22:00	14:00	14:00	19:00	37:00	14:00	14:00	18:52	
10	FABRICACIÓN DE LA BOLSA DE VACÍO	VA	1:30	1:20	0:55	1:15	1:55	1:25	1:05	1:50	1:24	
11	INVENTARIO DE BOLSAS DE VACÍO SIN VERIFICAR EN LA SALA LIMPIA	VNA	1:10	0:51	0:33	0:46	0:15	0:08	0:05	0:18	0:30	
12	VERIFICACIÓN DE LA BOLSA DE VACÍO EN LA SALA LIMPIA	VNA	0:20	0:15	0:18	0:13	0:27	0:20	0:16	0:15	0:18	
13	INVENTARIO DE BOLSAS DE VACÍO VERIFICADAS EN LA SALA LIMPIA	VNA	18:00	12:00	1:55	2:30	16:00	1:25	0:36	1:35	6:45	
14	CURADO EN AUTOCLAVE	VA	TIEMPO FIJO DE CURADO EN AUTOCLAVE									4:20
			0:30	0:42	0:32	0:28	0:30	0:22	0:25	0:30	0:29	
15	INVENTARIO DE PIEZAS CURADAS EN AUTOCLAVE SIN DESMOLDEAR	VNA	1:15	0:30	0:45	0:28	0:54	0:37	0:55	15:00	2:33	
16	DESMOLDEO	VA	0:42	0:37	0:45	0:53	0:36	0:48	0:40	0:55	0:44	
17	INVENTARIO DE PIEZAS DESMOLDEADAS SIN VERIFICAR	VNA	0:18	0:08	0:15	0:04	0:10	0:04	0:01	0:05	0:08	
18	VERIFICACIÓN DEL DESMOLDEO	VNA	0:23	0:20	0:32	0:28	0:38	0:54	0:33	0:18	0:30	
19	INVENTARIO DE PIEZAS DESMOLDEADAS Y VERIFICADAS	VNA	16:00	2:40	37:00	14:00	17:00	15:00	17:00	0:48	14:56	
20	PRE-RECANTEO DE PIEZAS	VA	0:55	0:42	1:20	0:52	1:05	0:35	1:20	0:55	0:58	
21	INVENTARIO DE PIEZAS PRE-RECANTeadas SIN IDENTIFICAR	VNA	2:30	17:00	1:45	0:18	0:45	1:05	19:00	1:00	5:25	
22	IDENTIFICACIÓN DE BARRAS	VA	0:25	0:32	0:43	0:25	0:21	0:40	0:35	0:20	0:30	
23	INVENTARIO DE PIEZAS IDENTIFICADAS SIN VERIFICAR	VNA	21:00	1:50	2:30	43:00	23:00	0:45	3:20	42:00	17:10	
24	VERIFICACIÓN DIMENSIONAL FINAL DE CALIDAD DE PIEZAS	VNA	1:10	0:55	0:43	1:15	1:05	0:50	0:48	1:05	0:58	
25	INVENTARIO DE PIEZAS FINALES YA VERIFICADAS POR CALIDAD	VNA	95:00	115:00	90:00	72:00	71:00	20:00	94:00	77:00	79:15	
26	PREPARACIÓN DE ENVÍO Y EXPEDICIÓN AL CLIENTE	VA	2:20	1:45	1:35	2:10	1:40	1:30	2:20	1:30	1:51	
27	INVENTARIO DE PIEZAS LISTAS PARA ENVÍO AL CLIENTE	VNA	28:00	24:00	50:00	27:00	52:00	75:00	48:00	71:00	46:52	

ANÁLISIS EN TIEMPO REAL DE LA PRODUCCIÓN DE PIEZAS DEL A400M								
Nº	SUB-PROCESO	VA / VNA	DURACIÓN ("HORAS:MINUTOS")					
			L1	L2	L3	L4	L5	LM
1	RECEPCIÓN VIRTUAL DEL PEDIDO DEL CLIENTE A TRAVÉS DEL SAP	VA	0:50	0:12	0:23	0:42	0:05	0:26
2	INVENTARIO VIRTUAL DE P/N A FABRICAR (LISTA)	VNA	72:00	97:00	75:00	81:00	106:00	86:12
3	PREPARACIÓN Y LANZAMIENTO DE ÓRDENES DE PRODUCCIÓN	VA	0:30	0:38	0:27	0:22	0:30	0:29
4	INVENTARIO DE ÓRDENES DE PRODUCCIÓN NO CERRADAS	VNA	0:05	0:03	0:07	0:05	0:05	0:05
5	VERIFICACIÓN Y CERRADO DE ÓRDENES DE PRODUCCIÓN	VNA	0:10	0:08	0:13	0:08	0:06	0:09
6	INVENTARIO DE ÓRDENES DE PRODUCCIÓN EN LA SALA LIMPIA	VNA	24:00	1:30	26:00	26:00	1:50	15:52
7	EXTRACCIÓN DEL ROLLO DE MATERIAL PREPEG DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA	VA	TIEMPO FIJO DE ATEMPERAMIENTO					4:00
			0:10	0:15	0:08	0:10	0:12	0:11
8	CORTE MANUAL DE TELAS DE MATERIAL PREPEG	VA	5:00	4:30	7:00	7:00	5:00	5:42
9	INVENTARIO DE TELAS CORTADAS SIN VERIFICAR EN LA SALA LIMPIA	VNA	0:05	0:03	13:00	0:05	0:05	2:39
10	VERIFICACIÓN DEL CORTE DE TELAS	VNA	0:20	0:27	0:30	0:16	0:33	0:25
11	INVENTARIO DE KITS DE TELAS VERIFICADOS EN LA SALA LIMPIA	VNA	0:08	13:00	0:08	10:00	13:00	7:15
12	LIMPIEZA DE ÚTILES Y APLICACIÓN DE AGENTES DESMOLDEANTES	VA	TIEMPO CURADO DESMOLDEANTE					1:00
			1:02	0:55	0:46	0:35	0:40	0:47
13	INVENTARIO DE ÚTILES LIMPIOS EN EL INTERIOR DE LA SALA LIMPIA	VNA	12:00	1:05	0:43	0:22	0:12	2:52
14	LAY-UP (APILAMIENTO) Y COMPACTACIONES NECESARIAS	VA	2:00	1:45	2:20	1:35	1:55	1:55
15	INVENTARIO DE PIEZAS APILADAS SIN BOLSA DE VACÍO EN LA SALA LIMPIA	VNA	1:00	23:00	18:00	22:00	1:40	13:08
16	FABRICACIÓN DE LA BOLSA DE VACÍO	VA	1:40	1:30	2:20	2:10	1:55	1:55
17	INVENTARIO DE BOLSAS DE VACÍO SIN VERIFICAR EN LA SALA LIMPIA	VNA	0:15	0:12	0:22	0:30	0:10	0:17
18	VERIFICACIÓN DE LA BOLSA DE VACÍO EN LA SALA LIMPIA	VNA	0:20	0:26	0:16	0:17	0:20	0:19
19	INVENTARIO DE BOLSAS DE VACÍO VERIFICADAS EN LA SALA LIMPIA	VNA	1:30	20:00	2:20	1:25	15:00	8:03
20	CURADO EN AUTOCLAVE	VA	TIEMPO FIJO CURADO AUTOCLAVE					4:20
			0:34	0:44	0:27	0:30	0:30	0:33
21	INVENTARIO DE PIEZAS CURADAS EN AUTOCLAVE SIN DESMOLDEAR	VNA	13:00	1:10	14:00	0:45	0:23	5:51
22	DESMOLDEO	VA	0:50	0:44	0:35	0:55	0:50	0:46
23	INVENTARIO DE PIEZAS DESMOLDEADAS SIN VERIFICAR	VNA	0:06	0:08	0:18	0:22	0:05	0:11

24	VERIFICACIÓN DEL DESMOLDEO	VNA	0:20	0:20	0:32	0:27	0:20	0:23
25	INVENTARIO DE PIEZAS DESMOLDEADAS Y VERIFICADAS	VNA	0:30	0:18	0:15	13:00	0:10	2:50
26	PRE-RECANTEO DE PIEZAS	VA	0:35	0:40	0:28	0:38	0:51	0:38
27	INVENTARIO DE PIEZAS PRE-RECANTEADAS SIN IDENTIFICAR	VNA	0:07	0:18	0:32	0:06	0:07	0:14
28	MARCADO E IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTALES	VA	0:45	0:40	0:51	0:33	0:42	0:42
29	INVENTARIO DE BARRAS IDENTIFICADAS PREVIO AL RECANTEO	VNA	2:40	14:00	72:00	3:40	1:10	18:42
30	RECANTEO COMPLETO DE BARRAS (SUBCONTRATADO)	VA	92:00	70:00	92:00	65:00	115:00	86:48
31	INVENTARIO DE PIEZAS RECANTEADAS SIN VERIFICAR	VNA	2:30	1:25	1:45	0:38	1:10	1:29
32	VERIFICACIÓN DEL RECANTEO	VNA	0:33	0:40	0:25	0:37	0:30	0:33
33	INVENTARIO DE PIEZAS LISTAS PARA LA APLICACIÓN DE SELLANTES	VNA	0:40	0:24	0:58	1:35	1:05	0:56
34	APLICACIÓN DE SELLANTES A LAS PIEZAS QUE ASÍ LO REQUIERAN	VA	TIEMPO FIJO CURADO SELLANTE					2:00
			1:30	1:15	1:15	2:10	2:40	1:46
35	INVENTARIO DE PIEZAS SELLADAS SIN VERIFICAR	VNA	25:30	43:00	67:00	25:00	37:00	39:30
36	VERIFICACIÓN DEL SELLADO	VNA	0:15	0:12	0:18	0:25	0:35	0:21
37	INVENTARIO DE PIEZAS LISTAS PARA INSPECCIÓN POR ULTRASONIDOS	VNA	12:00	5:00	6:00	23:00	28:00	14:48
38	INSPECCIÓN POR ULTRASONIDOS (SOBCONTRATADA)	VA	122:00	115:00	90:00	115:00	91:00	106:36
39	INVENTARIO DE PIEZAS INSPECCIONADAS A PINTAR	VNA	1:30	3:20	2:40	2:10	1:15	2:11
40	PINTADO DE LAS PIEZAS QUE ASÍ LO REQUIERAN (SUBCONTRATADO)	VA	77:00	92:00	92:00	94:00	80:00	87:00
41	INVENTARIO DE PIEZAS PINTADAS LISTAS PARA VERIFICACIÓN FINAL	VNA	0:45	0:33	0:28	0:42	0:55	0:40
42	VERIFICACIÓN DIMENSIONAL FINAL DE CALIDAD DE PIEZAS	VNA	1:05	1:15	0:50	0:45	1:10	1:01
43	INVENTARIO DE PIEZAS LISTAS PARA EL PROCESO DE COMPRA	VNA	88:00	72:00	47:00	142:00	88:00	87:24
44	COMPRA (POR PARTE DEL CLIENTE)	VA	0:30	0:44	0:50	0:22	0:20	0:33
45	INVENTARIO DE PIEZAS COMPRADAS PARA POSTERIOR ENVÍO AL CLIENTE	VNA	95:00	73:00	170:00	173:00	165:00	135:12
46	PREPARACIÓN DE ENVÍO Y EXPEDICIÓN AL CLIENTE	VA	1:05	1:15	0:47	1:25	0:40	1:02
47	INVENTARIO DE PIEZAS LISTAS PARA ENVÍO AL CLIENTE	VNA	75:00	122:00	98:00	24:00	28:00	69:24

LEAD TIME MEDIO A340

304 horas y 41 minutos

De los cuales 20 horas y 40 minutos corresponden a actividades de Valor Añadido (VA), y 284 horas y 1 minuto a actividades de Valor No Añadido (VNA). Aplicándose un factor de corrección del 15 % al VA (que supone que el 15 % del supuesto tiempo de valor añadido es en realidad de valor no añadido), y uno del 5 % al VNA (que supone que el 5 % del supuesto tiempo de valor no añadido es en realidad de valor añadido), se obtiene que el tiempo final de valor añadido es de 31 horas y 46 minutos, y el de valor no añadido de 272 horas y 55 minutos, por lo que sus porcentajes con respecto al Lead Time global del proceso quedan del siguiente modo:

VA:	10 %
VNA:	90 %

LEAD TIME MEDIO A400M

828 horas y 15 minutos

De los cuales 309 horas y 12 minutos corresponden a actividades de Valor Añadido (VA), y 519 horas y 3 minutos a actividades de Valor No Añadido (VNA). Aplicándose en este caso un factor de corrección del 25 % para el VA (por la existencia de 3 actividades subcontratadas cuyos tiempos no pueden controlarse), y de nuevo de un 5 % para el VNA, se obtiene que el tiempo final de valor añadido es de 257 horas y 51 minutos, y el de valor no añadido de 570 horas y 24 minutos, por lo que sus porcentajes con respecto al Lead Time global del proceso quedan del siguiente modo:

VA:	31 %
VNA:	69 %

ANEXO VI: ENCUESTAS PARA EL PERSONAL DE LA DIVISIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS

A continuación se presentan los 3 cuestionarios que inicialmente se entregaron para su cumplimentación a los distintos operarios (un total de 6 personas) de la división de materiales compuestos de la planta. El objetivo de los mismos es, en los inicios del análisis de la situación actual de la planta de producción, comprobar cuál es el estado de la misma desde el punto de vista de las personas más implicadas en el proceso productivo. Estas encuestas se han diseñado cuidadosamente para abarcar en su amplia mayoría todos los aspectos susceptibles de acciones de mejora por parte de la gestión Lean Management.

Además, un poco más adelante, se hizo entrega de los cuestionarios nº 2 y nº 3 a 4 técnicos de la división de materiales compuestos, permitiéndose de este modo obtener una visión si cabe aún más completa de la opinión de todas las personas involucradas en los procesos.

La estructuración de las preguntas en estos 3 cuestionarios o encuestas es la que se presenta a continuación:

- ENCUESTA N° 1: destinada específicamente a los operarios de la división, su objetivo es detectar áreas deficientes desde el punto de vista de la gestión Lean en las actividades más íntimamente relacionadas con la producción a pie de planta propiamente dicha.
- ENCUESTA N° 2: destinada en un primer momento a los operarios y extendida con posterioridad a los técnicos de la división, se ha orientado como “CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN INTERNA” del personal, de modo que queden reflejados los aspectos más relevantes relativos al factor humano en la producción.

- ENCUESTA Nº 3: con un espectro objetivo mucho más amplio, y definida como "CUESTIONARIO DE CLIMA LABORAL", su objetivo es profundizar en la relación de las personas con su entorno laboral y poder extraer conclusiones sobre responsabilidades, actitudes de los mandos, estado de puestos de trabajo, satisfacciones obtenidas, aportaciones de ideas, etc.

A continuación se incluyen las 3 citadas encuestas completas, con los resultados de las mismas tabulados al final de cada una de ellas.

ENCUESTA Nº 1

1) Respecto a tu lugar habitual de trabajo, ¿crees que hay algo que podría hacerse de un modo distinto a como se hace actualmente y que de este modo se mejoraría la producción, ya sea lográndose una mayor rapidez en la misma, menor coste, mayor comodidad de trabajo, etc.?

Si.

No.

2) Respecto a la documentación asociada a las piezas (órdenes de producción y hojas de vida por ejemplo) que fabricáis todos los días en la empresa...

La documentación es útil y facilita el proceso de producción.

Si bien hay documentación útil también hay una parte de ella que no parece imprescindible a priori y se agilizaría la producción al no tenerla (o al menos a tenerla de otro modo más operativo).

La documentación es excesiva y dificulta el trabajo de producción.

3) Continuando con la documentación, más en concreto con las órdenes de producción...

- Siempre se tiene cada orden junto a su pieza (o a sus elementos que la componen antes de que llegue a ser "pieza").
- En ocasiones encontramos alguna orden que no sabemos a qué pieza corresponde y se pierde cierto tiempo en localizarla.

4) ¿Te parece que la estructura y contenido de las órdenes de producción es adecuado (descripción de las operaciones, facilidad de identificación de las mismas, etc.)?

- Si.
- No.

5) Cuando necesitas una herramienta o utensilio determinado para efectuar alguna operación en el proceso de producción...

- Las herramientas siempre están perfectamente localizadas y ordenadas de modo que siempre sabemos donde se encuentra una en concreto.
- Las herramientas suelen estar dispersas por la zona de producción y a veces no encontramos al instante lo que estamos buscando.

6) Continuando con las herramientas, ¿te parece que las condiciones y el estado de las mismas (desgaste por el uso por ejemplo) es adecuado?

- Si.
- Si, aunque algunas en concreto deberían renovarse.
- No.

7) ¿Tienes siempre a mano todo lo que necesitas para tu trabajo?

- Si.
- No.

8) ¿Te parece que el orden y la limpieza del lugar de trabajo ayuda a lograr una producción más eficaz?

- Si.
- No.

9) ¿Cómo te sientes en tu puesto de trabajo referido al espacio físico?

- Cómodo.
- Cómodo normalmente, pero hay poco espacio.
- Incómodo, definitivamente hay poco espacio para todo.

10) ¿Eliminarías algún tipo de elemento de tu lugar de trabajo que te permitiese trabajar con más facilidad?

- Si.
- No.

11) ¿Piensas que la sala limpia está ordenada?

- Si.
- No.

12) ¿Piensas que la zona de autoclave está ordenada?

- Si.
- No.

13) ¿Piensas que la zona de recanteo está ordenada?

- Si.
- No.

14) ¿Recibiste formación en materiales compuestos por parte de Easy Industrial Solutions al incorporarte a la empresa?

- Si.
- No.
- No, pero ya la tenía anteriormente de otra fuente.

15) ¿Sabes si se lleva a cabo algún tipo de mantenimiento en las máquinas y equipos que intervienen en la producción?

- Si.
- No.

16) ¿Has recibido formación sobre calidad en la fabricación de materiales compuestos?

- Si.
- No, de eso se encarga expresamente el departamento de calidad.

17) ¿Conoces las necesidades de los clientes de Easy Industrial Solutions y cómo se encuentra el mercado actual en este sentido?

- Si.
- No.
- En parte.

18) ¿Crees que la formación en la propia empresa es necesaria o basta con la que pueda traerse de otras fuentes (cursos, otras empresas, etc.)?

- Es necesaria.
- Es recomendable.
- No es necesaria si ya se tiene experiencia en el campo.

19) ¿Sabes si existe en la empresa un sistema por el cual podáis dar vuestra opinión y sugerencias sobre algún tema?

- Si, existe.
- No, no existe.
- No sé si existe o no.

20) ¿Crees que existe un buen flujo de comunicación entre todas las secciones y departamentos de la empresa?

- Si.
- No.
- Sólo en ocasiones concretas.

21) ¿Conoces los proyectos que se llevan a cabo en los distintos departamentos de la empresa?

- Si.
- No.

22) ¿Piensas que estos proyectos y sus posibilidades pueden influir en tu forma de hacer tu trabajo?

- Si.
- No.
- En ocasiones, dependerá del proyecto.

23) ¿Existe en la empresa algún sistema de incentivos?

- Si.
- No.

24) Si existiese, ¿estás de acuerdo con él? (si no existe dejar en blanco)

- Si.
- No.

25) Si no existiese, ¿te gustaría que hubiese uno? (si existe dejar en blanco)

- Sí.
- No.

26) ¿Piensas que con un buen sistema de incentivos harías mejor tu trabajo y te encontrarías más a gusto realizándolo?

- Sí.
- No.

27) ¿Cuánto tiempo llevas en Easy Industrial Solutions?

- Más de un año.
- Más de medio año.
- Menos de medio año.

28) ¿Sabes lo que es el "Lean Management" – "Lean Manufacturing" – "Lean Production"?

- Sí.
- No.
- Me suena ligeramente.

29) Si tuvieras que elegir una de las siguientes opciones aunque no supieses lo que es, ¿cuál elegirías?

- El "Lean Management" es un sistema de gestión de calidad parecido a una norma ISO.
- El "Lean Management" está formado por una serie de herramientas de gestión para agilizar la producción y producir mejor.
- El "Lean Management" es un sistema de gestión basado en varios principios cuya principal filosofía es la de "eliminar todos los desperdicios".

30) Por último, si tuvieras la oportunidad de pedir cualquier cosa para tu trabajo que te hiciese hacerlo con más entusiasmo, mayor agilidad, más comodidad o similar, ¿qué sería? (basta con una línea si quieres, y por supuesto no contestes si no quieres o si no se te ocurre nada en este momento).

RESULTADOS DE LA ENCUESTA Nº 1

PREG.	% A	% B	% C	PREG.	% A	% B	% C	PREG.	% A	% B	% C
1	100.0	0.0	-	11	0.0	100.0	-	21	33.3	66.7	-
2	0.0	66.7	33.3	12	16.7	83.3	-	22	16.7	66.7	16.7
3	0.0	100.0	-	13	16.7	83.3	-	23	0.0	100.0	-
4	33.3	66.7	-	14	0.0	16.7	83.3	24			-
5	0.0	100.0	-	15	16.7	83.3	-	25	100.0	0.0	-
6	16.7	66.7	16.7	16	16.7	83.3	-	26	100.0	0.0	-
7	50.0	50.0	-	17	0.0	66.7	33.3	27	16.7	33.3	50.0
8	100.0	0.0	-	18	50.0	33.3	16.7	28	0.0	100.0	0.0
9	0.0	16.7	83.3	19	0.0	100.0	0.0	29	16.7	50.0	33.3
10	66.7	33.3	-	20	0.0	83.3	16.7				

IDEAS DE LA PREGUNTA 30:

- Mejora en la gestión de la documentación asociada a las piezas que se fabrican, especialmente órdenes de producción (deben estar disponibles a tiempo para empezar a producir).
- Mejora del sistema de comunicación a pie de fábrica con la sección de ingeniería en particular, y con el resto de la empresa en general, así como implantación de un sistema de sugerencias fiable y con repercusiones.
- Mejora en la gestión de recursos humanos; formación en diversas materias relacionadas con la producción que faciliten el trabajo diario de los operarios, tales como herramientas informáticas, calidad en la producción, riegos laborales específicos, etc.

ENCUESTA Nº 2

Valora de 1 a 5 las siguientes afirmaciones, siguiendo el siguiente esquema:

- 1 → Muy deficiente
- 2 → Deficiente
- 3 → Aceptable
- 4 → Adecuada
- 5 → Muy adecuada

SATISFACCIÓN CON LAS RESPONSABILIDADES DESEMPEÑADAS

- 1) Conozco los objetivos de la compañía y cómo las responsabilidades que desempeño contribuyen a alcanzarlos.
- 2) Dispongo de los recursos necesarios para el desarrollo de dichas habilidades.
- 3) Puedo utilizar mi criterio e iniciativa personal para el desarrollo de mis tareas y responsabilidades.
- 4) Dispongo de la información, colaboración y formación necesarias para su desempeño.

SATISFACCIÓN CON EL EQUIPO DE TRABAJO

- 5) Existe una buena planificación y organización del trabajo en el equipo.
- 6) Considero adecuado el rendimiento y la efectividad del equipo al que pertenezco.

7) Contribuyen los resultados de mi equipo al logro de los objetivos de la empresa.

8) Existe un ambiente de aprendizaje en mi equipo.

RESPONSABLE INMEDIATO

9) Estoy satisfecho en relación a la forma en que mis jefes me dirigen.

10) Mi responsable inmediato posee la información y las competencias necesarias para el desempeño de su cargo (técnicas de gestión, dirección de equipos, reconocimiento, valoración...).

11) Considero que la dirección es receptiva a sugerencias.

RETRIBUCIONES

12) La retribución que recibo está relacionada con el nivel de responsabilidad que desempeño.

13) Mi incremento salarial depende del grado de cumplimiento de los objetivos organizativos/departamentales/individuales.

14) Me siento compensado justamente.

EVALUACIÓN DE LA ACTUACIÓN

15) Se realiza de forma eficiente y regular una evaluación de mi desempeño.

16) Se realiza un seguimiento del cumplimiento de mis objetivos.

17) El sistema apoya el desarrollo de mis capacidades individuales.

COMPROMISO CON EL PROYECTO EMPRESARIAL

18) Mis sugerencias y propuesta son tomadas en cuenta por la dirección.

19) Existe un adecuado nivel de participación de los empleados.

DESARROLLO PROFESIONAL

20) Tengo posibilidades de promoción en la organización a la que pertenezco.

21) Existe igualdad de oportunidades en relación al desarrollo de mi carrera profesional en la empresa.

22) Existen oportunidades de aprendizaje y planificación del desarrollo profesional en mi organización.

NIVEL DE SATISFACCIÓN GENERAL

23) Me siento satisfecho con las tareas que vengo desempeñando en mi puesto de trabajo.

24) Dedico mi tiempo de trabajo a tareas que considero útiles y necesarias.

25) Encuentro a mis compañeros de equipo motivados y satisfechos con el trabajo que realizan.

26) Estoy satisfecho con la retribución que recibo, las responsabilidades que asumo y los conocimientos y competencias que desarrollo en mi trabajo.

RESULTADOS DE LA ENCUESTA Nº 2: OPERARIOS

PREG.	VAL. MEDIO	PREG.	VAL. MEDIO	PREG.	VAL. MEDIO
1	2.5	11	1.5	21	2.3
2	2.2	12	2.5	22	2.5
3	1.3	13	2.7	23	2.3
4	3.0	14	1.8	24	3.2
5	2.8	15	2.5	25	3.8
6	3.8	16	2.8	26	2.0
7	4.2	17	2.7		
8	4.3	18	1.2		
9	2.8	19	4.0		
10	4.0	20	2.2		

RESULTADOS DE LA ENCUESTA Nº 2: TÉCNICOS

PREG.	VAL. MEDIO	PREG.	VAL. MEDIO	PREG.	VAL. MEDIO
1	4.5	11	3.0	21	3.3
2	2.3	12	2.3	22	3.0
3	3.0	13	3.5	23	4.5
4	4.3	14	2.5	24	4.0
5	2.5	15	2.3	25	2.8
6	4.0	16	3.3	26	3.5
7	4.3	17	3.0		
8	3.0	18	3.0		
9	3.8	19	4.3		
10	4.5	20	3.8		

TOTAL DE OPERARIOS ENCUESTADOS: 6

TOTAL DE TÉCNICOS ENCUESTADOS: 4

ENCUESTA Nº 3

Marca la opción "SI" cuando la frase sea cierta, "?" cuando consideres que no es cierta ni falsa o cuando no puedas decidirte, y "NO" cuando la frase no se cumpla en tu puesto de trabajo.

- 1) Mi trabajo está claramente definido.
- 2) La organización reconoce y premia los esfuerzos realizados.
- 3) En general te sientes tratado como si fuera un número.
- 4) Mi lugar de trabajo se ha quedado viejo e inadecuado.
- 5) La iniciativa de mi trabajo es casi nula.
- 6) La promoción suele estar ligada a la antigüedad y el servilismo.
- 7) El ambiente es bastante frío e impersonal.
- 8) Cuando se necesita echar una mano, es fácil encontrar un voluntario.
- 9) Dispongo del mobiliario y equipos adecuados para desarrollar mi función.
- 10) Con frecuencia se toman decisiones sin tener en cuenta las consecuencias que pueden tener sobre el trabajo.
- 11) Los jefes fomentan la formación de sus subordinados.
- 12) Es difícil que te den oportunidades de formación.

-
- 13) Se valora positivamente que los empleados aporten nuevas ideas y sugerencias.
 - 14) Es difícil saber dónde encontrar las informaciones.
 - 15) En mi trabajo se estimula la aportación de ideas y sugerencias.
 - 16) El trabajo se realiza eficazmente en los plazos establecidos.
 - 17) Haber trabajado en mi organización es una buena referencia en mi currículum.
 - 18) Mi trabajo me ha producido muchas satisfacciones personales.
 - 19) Estamos apegados a muchas tradiciones rígidas y anticuadas.
 - 20) Los salarios en mi organización son más bajos que en otras entidades similares.
 - 21) En general, se estimula la aportación de ideas nuevas.
 - 22) Los jefes se aprovechan de su posición para actuar de forma dictatorial.
 - 23) Las personas se expresan libre y espontáneamente, sin temor.
 - 24) En mi trabajo, la norma es "más vale malo conocido que bueno por conocer".
 - 25) Las condiciones materiales de trabajo son bastante buenas.
 - 26) Los jefes suelen ser intransigentes ante pequeños errores.

- 27) Solemos probar nuevas soluciones y métodos, aunque no siempre salgan bien.
- 28) Mi trabajo es rutinario y aburrido.
- 29) Se fomenta la formación como medio de abrir mentes y facilitar los cambios.
- 30) Los jefes se desprecupan de los intereses de las personas.
- 31) La gente se esfuerza por ayudar a las nuevas personas que entran a trabajar.
- 32) A pesar de las dificultades, es difícil encontrar condiciones de trabajo mucho mejores en otro lugar.
- 33) Solemos recibir órdenes contradictorias de diferentes personas.
- 34) Los jefes evitan introducir cambios, aunque se vea que son necesarios.
- 35) Con tal de progresar, las personas se ponen zancadillas unas a otras.
- 36) La información descendente consiste casi exclusivamente en dar órdenes.
- 37) En general, disponemos de lo medios necesarios para hacer bien nuestro trabajo.
- 38) Los jefes suelen explicar los motivos de las decisiones e instrucciones.
- 39) Se fomenta que las relaciones entre los departamentos sean buenas.
-

- 40) En mi departamento hay un ambiente muy tenso.
- 41) Suele ser fácil obtener informaciones precisas y fiables.
- 42) En general, me siento apoyado por mis jefes.
- 43) He aprendido mucho en mi puesto de trabajo.
- 44) Las informaciones disponibles son incompletas y llegan tarde.
- 45) Cuando tengo dudas en mi trabajo suelo saber a quien consultar.
- 46) Mis objetivos y mi ritmo se fijan sin mi participación.
- 47) Se estimula la cooperación y el trabajo en grupo como medio de facilitar el cambio.
- 48) Los objetivos de la organización y los resultados sólo los conocen los jefes.
- 49) Me siento implicado en el éxito de mi empresa u organización.
- 50) Los jefes se preocupan mucho más de sus intereses que de la marcha del trabajo.
- 51) Los métodos de trabajo son bastante anticuados.
- 52) La gente está esperando que llegue el final de la jornada para salir corriendo.
- 53) Sólo unos pocos tienen toda la información.

-
- 54) Los directivos gozan de ventajas y privilegios justificados.
- 55) Los trabajos suelen estar bien planificados con antelación.
- 56) Los jefes suelen estar disponibles cuando se les necesita.
- 57) Intentamos apoyar y ayudar a las personas nuevas para que se integren.
- 58) Es posible progresar sin tener que cambiar de empresa u organización.
- 59) El trabajo está tan desorganizado que es necesario hacer esfuerzos excesivos para llevarlo a cabo.
- 60) Creo que mis superiores me echarían una mano si lo necesitase.
- 61) Disponemos de ventajas sociales bastante satisfactorias.
- 62) Se me deja bastante libertad para organizar mi trabajo, siempre que lo haga bien y a tiempo.
- 63) Los jefes suelen estar bien informados e informan a sus empleados.
- 64) Los departamentos tienen escaso conocimiento de lo que se hace en otros departamentos.
- 65) Mi trabajo me permite tomar iniciativas.
- 66) Las remuneraciones se basan más en las relaciones personales que en los méritos y los resultados.

-
- 67) La burocracia y la pesadez de la organización perjudican el trabajo diario.
- 68) En general la gente trabaja con bastante desgana.
- 69) Cuando tengo algún problema en mi trabajo suele haber personas dispuestas a ayudarme.
- 70) La información más rápida y fiable es "radio macuto".
- 71) En general se toman decisiones eficaces y con prontitud.
- 72) Mi organización tiene fama de ser poco dinámica.
- 73) Se suele consultar al personal antes de tomar decisiones que afectan a las personas.
- 74) Los empleados suelen esforzarse en su trabajo.
- 75) Se hacen muchos trabajos inútiles e innecesarios.
- 76) Mi organización es bastante dinámica y abierta.
- 77) Muchos creen que en su trabajo no se les trata como adultos.
- 78) Suelo tener toda la información que necesito para hacer mi trabajo.
- 79) Es fácil mantener conversaciones personales con compañeros y superiores.
- 80) En mi trabajo hago cosas bastante variadas e interesantes.

81) Me interesan más las actividades de ocio que las que realizo en mi trabajo.

82) Es frecuente que se produzcan problemas por falta de calidad.

83) Sabemos adaptarnos eficazmente a los cambios del entorno.

84) En general, los jefes están dispuestos a escuchar a sus subordinados.

85) La gente se despreocupa de los resultados generales de la organización.

86) Se hacen esfuerzos importantes para mejorar los niveles de información y comunicación.

87) Se estimula a las personas para que asuman riesgos razonables al intentar progresar.

88) Los jefes se ocupan más de que se respeten las apariencias que de alcanzar los objetivos.

RESULTADOS DE LA ENCUESTA Nº 3: OPERARIOS

PREG.	% S	% N	% ?	PREG.	% S	% N	% ?	PREG.	% S	% N	% ?
1	16.7	66.7	16.7	9	0.0	100.0	0.0	17	83.3	0.0	16.7
2	0.0	100.0	0.0	10	83.3	16.7	0.0	18	33.3	66.7	0.0
3	33.3	0.0	66.7	11	50.0	16.7	33.3	19	66.7	33.3	0.0
4	100.0	0.0	0.0	12	66.7	33.3	0.0	20	33.3	0.0	66.7
5	33.3	50.0	16.7	13	0.0	83.3	16.7	21	0.0	100.0	0.0
6	66.7	33.3	0.0	14	100.0	0.0	0.0	22	66.7	16.7	16.7
7	50.0	50.0	0.0	15	0.0	100.0	0.0	23	16.7	83.3	0.0
8	83.3	0.0	16.7	16	33.3	33.3	33.3	24	100.0	0.0	0.0

25	0.0	83.3	16.7	47	66.7	33.3	0.0	69	100.0	0.0	0.0
26	83.3	16.7	0.0	48	100.0	0.0	0.0	70	66.7	0.0	33.3
27	33.3	66.7	0.0	49	0.0	100.0	0.0	71	50.0	33.3	16.7
28	83.3	16.7	0.0	50	66.7	33.3	0.0	72	100.0	0.0	0.0
29	33.3	66.7	0.0	51	83.3	0.0	16.7	73	0.0	100.0	0.0
30	100.0	0.0	0.0	52	100.0	0.0	0.0	74	100.0	0.0	0.0
31	100.0	0.0	0.0	53	100.0	0.0	0.0	75	83.3	16.7	0.0
32	0.0	83.3	16.7	54	16.7	50.0	33.3	76	0.0	100.0	0.0
33	100.0	0.0	0.0	55	33.3	66.7	0.0	77	83.3	0.0	16.7
34	100.0	0.0	0.0	56	16.7	83.3	0.0	78	0.0	100.0	0.0
35	66.7	16.7	16.7	57	100.0	0.0	0.0	79	100.0	0.0	0.0
36	83.3	0.0	16.7	58	0.0	83.3	16.7	80	16.7	83.3	0.0
37	0.0	100.0	0.0	59	83.3	16.7	0.0	81	100.0	0.0	0.0
38	16.7	83.3	0.0	60	50.0	50.0	0.0	82	83.3	16.7	0.0
39	50.0	16.7	33.3	61	16.7	83.3	0.0	83	100.0	0.0	0.0
40	0.0	83.3	16.7	62	83.3	0.0	16.7	84	0.0	100.0	0.0
41	16.7	83.3	0.0	63	33.3	66.7	0.0	85	83.3	16.7	0.0
42	66.7	16.7	16.7	64	100.0	0.0	0.0	86	16.7	66.7	16.7
43	66.7	33.3	0.0	65	0.0	100.0	0.0	87	16.7	83.3	0.0
44	83.3	16.7	0.0	66	83.3	0.0	16.7	88	16.7	33.3	50.0
45	83.3	16.7	0.0	67	33.3	66.7	0.0				
46	100.0	0.0	0.0	68	83.3	0.0	16.7				

RESULTADOS DE LA ENCUESTA Nº 3: TÉCNICOS

PREG.	% S	% N	% ?	PREG.	% S	% N	% ?	PREG.	% S	% N	% ?
1	100	0	0	9	25	75	0	17	100	0	0
2	50	25	25	10	0	75	25	18	25	0	75
3	0	100	0	11	75	25	0	19	50	25	25
4	75	25	0	12	25	75	0	20	50	50	0
5	0	100	0	13	50	50	0	21	75	25	0
6	50	50	0	14	75	25	0	22	25	50	25
7	0	100	0	15	50	50	0	23	75	25	0
8	75	0	25	16	75	0	25	24	0	100	0

25	75	25	0	47	100	0	0	69	100	0	0
26	25	75	0	48	0	50	50	70	0	50	50
27	100	0	0	49	75	25	0	71	100	0	0
28	0	100	0	50	0	100	0	72	0	100	0
29	75	0	25	51	25	75	0	73	75	0	25
30	0	100	0	52	25	50	25	74	100	0	0
31	100	0	0	53	75	0	25	75	100	0	0
32	25	0	75	54	75	0	25	76	100	0	0
33	50	50	0	55	50	50	0	77	0	100	0
34	50	25	25	56	50	50	0	78	25	75	0
35	0	100	0	57	100	0	0	79	100	0	0
36	25	75	0	58	25	25	50	80	100	0	0
37	75	25	0	59	75	25	0	81	100	0	0
38	50	50	0	60	100	0	0	82	100	0	0
39	100	0	0	61	0	25	75	83	100	0	0
40	0	100	0	62	100	0	0	84	75	25	0
41	0	75	25	63	100	0	0	85	0	100	0
42	100	0	0	64	50	50	0	86	50	50	0
43	100	0	0	65	100	0	0	87	100	0	0
44	25	25	50	66	0	100	0	88	0	100	0
45	100	0	0	67	50	25	25				
46	0	75	25	68	0	100	0				

TOTAL DE OPERARIOS ENCUESTADOS: 6

TOTAL DE TÉCNICOS ENCUESTADOS: 4

ORDEN DE TRABAJO PREVENTIVO

Equipo / Máquina
Ubicación
Periodicidad
Fecha creación
Fecha última revisión
Fecha próxima revisión

TAREAS DE MANTENIMIENTO	
Actividad	Repuesto

EMPRESA
FECHA INICIO REVISION
FECHA FINALIZACION REVISION

ORDEN DE TRABAJO CORRECTIVO

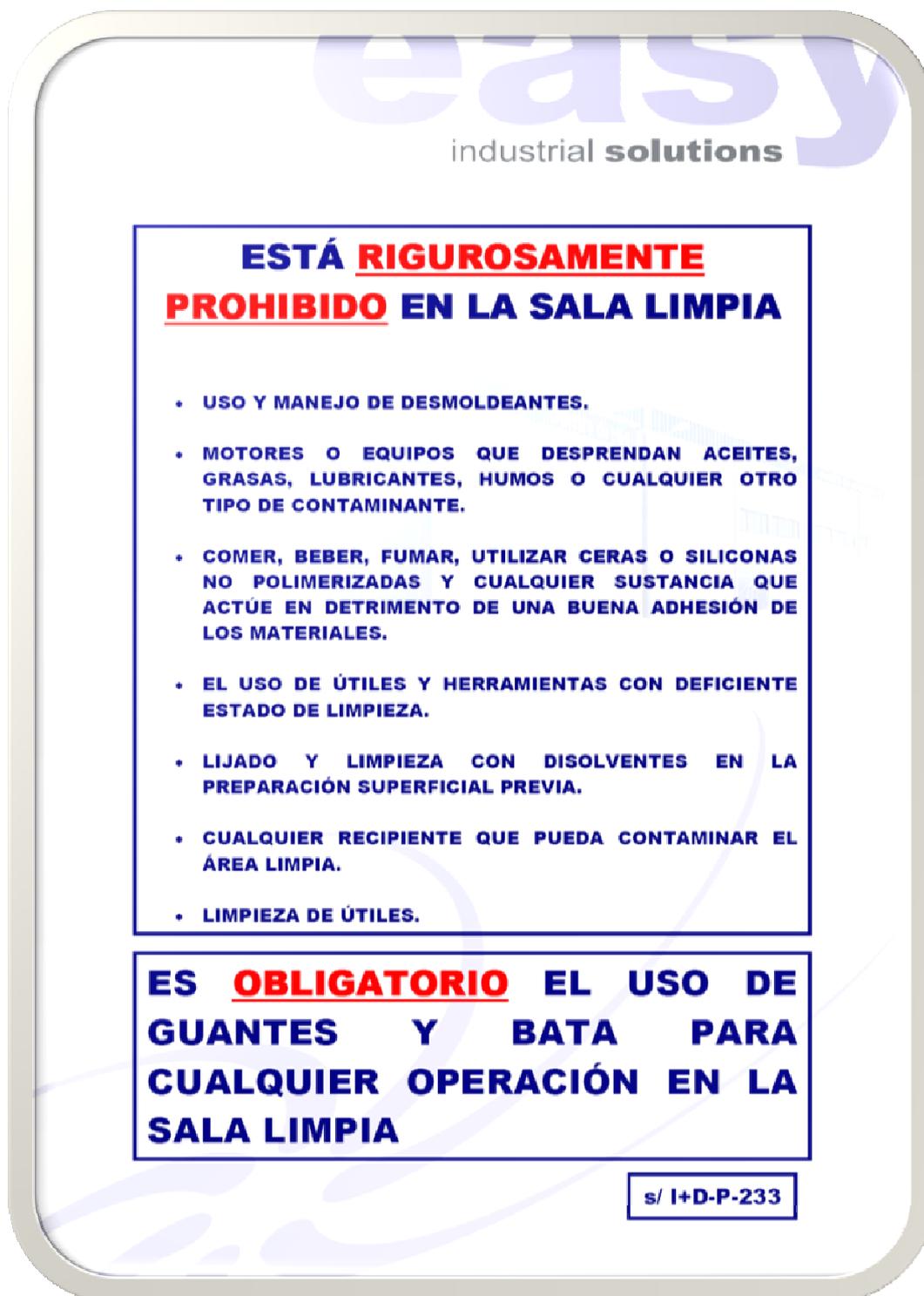
Equipo / Máquina
Ubicación
Fecha realización

TAREAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	
Actividad	Repuesto

EMPRESA
FECHA INICIO REVISION
FECHA FINALIZACION REVISION

ANEXO IX: CARTELES DE CALIDAD

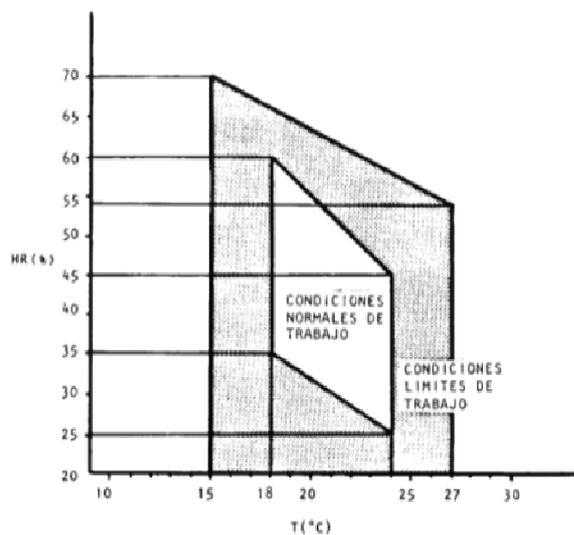
SALA LIMPIA 1



SALA LIMPIA 2

easy
industrial solutions

CONDICIONES DE SALA LIMPIA



TIEMPO MÁXIMO DE PERMANENCIA EN CONDICIONES LÍMITES: 24 H EN CONTINUO Ó 36 H EN PERIODOS ACUMULATIVOS DE 72 H

s/ I+D-P-233

CONTROL DE CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS DE TAMAÑO SUPERIOR A 5 µm (CONCENTRACIÓN MÁX. ADMISIBLE DE 50 PARTÍCULA POR LITRO DE AIRE)

s/ I+D-P-233

SALA LIMPIA 3

CÁMARA FRIGORÍFICA 1



VIDA MÁX. DE MANEJO Y VIDA TOTAL MÁX. A TEMPERATURA AMBIENTE

	VIDA MAX. DE MANEJO (1) (HORAS)	VIDA TOTAL MAX. A TEMPERATURA AMBIENTE (2) (HORAS)
Z-19 749/1, /2, /3 (Tejido, Grupo III)	240	650
Z-19 776/1 (Tejido, Grupo IV)	240	500
Z-19 760/1 (Tejido, Grupo V)	240	500
Z-19 732	240	500
Z-19 733	240	500
Z-19 734	240	500
Z-19 740 (Tejido de fibra de carbono)	360	480
Z-19 741 (Z-19 740+velo de nylon)	360	480
Z-19 780, Z-19 781	240	500 (3)
Z-19 778	240	500
Z-19 766/1, /2, /3 (Cinta, Grupo III)	240	650
Z-19 785/1 (Cinta, Grupo IV)	240	500
Z-19 775/1 (Cinta, Grupo V)	240	500 (3)
Z-19 923	240	500
Z-24 259 (Pelable F161/60001)	240	405

1. VIDA MÁX. DE MANEJO: TIEMPO ACUMULADO DE EXPOSICIÓN DEL PREPEG. HASTA TERMINACIÓN DE LA BOLSA DE VACÍO.

2. VIDA TOTAL A TEMPERATURA AMBIENTE: TIEMPO ACUMULADO DE EXPOSICIÓN DEL PREPEG. A TEMPERATURA AMBIENTE HASTA EL COMIENZO DEL CICLO DE CURADO.

s/ I+D-P-233

SALA LIMPIA 4

easy
industrial solutions

COMPACTACIÓN EN FRÍO

- **CUBRIR EL APILADO DE TELAS CON BOLSA DE VACÍO TEMPORAL.**
- **APLICAR VACÍO HASTA UNA LECTURA MANOMÉTRICA DE 76 – 150 mm Hg (LAMINADOS).**
- **EL TIEMPO DE VACÍO SERÁ DE 5 MINUTOS COMO MÍNIMO.**
- **DESCONECTAR EL VACÍO Y RETIRAR LA BOLSA TEMPORAL.**

s/ I+D-P-233

CÁMARA FRIGORÍFICA 2



CÁMARA FRIGORÍFICA

MATERIALES PREIMPREGNADOS Y ADHESIVOS ESTRUCTURALES

↓

ALMACENAJE EN FRIGORÍFICOS A -18 °C EN BOLSAS DE POLIETILENO PERFECTAMENTE SELLADAS

↓

SE PERMITEN PICOS DE -12 °C, DURANTE UN PERIODO MÁXIMO DE 15 MIN (60 MIN TOTALES EN 24 H)

s/ I+D-P-233

TODOS LOS MATERIALES DEBE ESTAR PERFECTAMENTE IDENTIFICADOS

↓

**DESIGNACIÓN CASA DEL MATERIAL
DESIGNACIÓN DEL FABRICANTE
NOMBRE DEL FABRICANTE Y LUGAR DE FABRICACIÓN
ESPECIFICACIÓN APLICABLE
Nº DE BATCH Y/O LOTE
Nº DE ROLLO, LÁMINA O BLOQUE
TEMPERATURA DE ALMACENAJE
FECHAS DE FABRICACIÓN Y/O ENVÍO
FECHA DE CADUCIDAD**

s/ AP 3080

APLICACIÓN DE DESMOLDEANTES / DESMOLDEO

easy
industrial solutions

APLICACIÓN DE DESMOLDEANTES (I+D-P-348) (PREPARACIÓN DE UTILLAJE)

- TIPO DESMOLDEANTE RECOGIDO EN EL REP APLICABLE Y/O I+D-P-348.
- APLICACIÓN Y SECADO DE DESMOLDEANTE LÍQUIDO (Z-24.224, Z-24.227) DE MANERA HOMÓGENEA, UNIFORME Y DE ACUERDO CON LA ESPECIFICACIÓN I+D-P-348.

s/ I+D-P-233

DESMOLDEO (DESMONTAJE DE CONJUNTOS)

- NO DESMONTAR PIEZAS HASTA TEMPERATURA < 60 °C. SI ES APLICABLE DAR ANTES LOS TALADROS DE COORDINACIÓN.
- PARA RETIRAR EL CONJUNTO DEL ÚTIL DE POLIMERIZACIÓN, EMPLEAR AIRE A PRESIÓN, MAZOS Y CUÑAS DE MADERA O PLÁSTICO. PROHIBIDAS HERRAMIENTAS METÁLICAS.

s/ I+D-P-233

ANEXO X: FICHAS TÉCNICAS DE SEGURIDAD

10.1. FREKOTE

10.1.1. Identificación del producto

Éter dibutílico y derivados del petróleo / Masa molecular: 130.23 g/mol
/ Fórmula molecular: C₈H₁₈O.

10.1.2. Información de la composición del producto

Mezcla de derivados del petróleo.

10.1.3. Identificación de riesgos

Efectos sobre la salud: irrita la piel, los ojos y las vías respiratorias /
Efectos sobre el medio ambiente: nocivo para los organismos acuáticos /
Peligros físicos y químicos: inflamable.

10.1.4. Información de primeros auxilios

Inhalación: respirar aire fresco / **Contacto con la piel:** eliminar ropa contaminada / **Contacto con los ojos:** aclarar con abundante agua, manteniendo los párpados abiertos / **Ingestión:** beber abundante agua /
Protección para los socorristas: mantener libres las vías respiratorias /
Notas para el médico: no descritas.

10.1.5. Peligros de incendio y explosión

Métodos de extinción adecuados: CO₂, espuma, polvo / **Peligros específicos:** combustible, vapores más pesados que el aire / **Métodos**

específicos: en caso de incendio pueden producirse mezclas explosivas con el aire / **Equipos de protección personal para los bomberos:** uso de ropa protectora adecuada en caso de incendio.

10.1.6. Medidas contra escapes accidentales

Precauciones individuales: vapores más pesados que el aire / **Precauciones para la protección del medioambiente:** no incorporar a la canalización del desagüe, riesgo de explosión / **Recuperación:** recoger con materiales absorbentes (por ejemplo Chemisorb) / **Eliminación:** proceder a la eliminación de los residuos aclarando.

10.1.7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación: mantener alejado de la fuente de ignición. Evitar la carga electrostática. **Almacenamiento:** bien cerrado, en un lugar bien ventilado, alejado de fuentes de ignición y de calor. Refrigerado (por debajo de +15 °C).

10.1.8. Controles de exposición y protección personal

Límites de exposición: los tipos auxiliares de protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa / **Protección respiratoria:** necesaria en presencia de vapores/aerosoles. Filtro A / **Protección de las manos:** en caso de salpicaduras / Guantes: caucho butilo / Espesor: 0.7 mm / Tiempo de penetración: > 30 min / **Protección de los ojos:** precisa / **Protección de la piel y del cuerpo:** ropa protectora contra llamas / **Medidas de higiene específicas:** sustituir inmediatamente la ropa contaminada, protección preventiva de la piel, lavar cara y manos al terminar el trabajo.

10.1.9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico (a 20°C): líquido / **Temperatura de fusión:** -95 °C / **Punto de destello:** 25 °C / **Temperatura de autoignición:** 185 °C / **Límite de explosión inferior** 0.9 % vol., **superior** 8.5 % vol. / **Presión de vapor (a 20 °C):** 6.4 hPa / **Densidad (a 20 °C):** 0.77 g/cm³ / **Hidrosolubilidad:** 10 g/L.

10.1.10. Estabilidad y reactividad

Condiciones a evitar: calentamiento / **Materias a evitar:** reacción exotérmica con oxidante / **Productos de descomposición peligrosos:** tricloruro de N₂, ácidos fuertes.

10.1.11. Información toxicológica

Toxicidad aguda: por inhalación: LC₅₀: (inhalativo, rata): 4000 ppm (V)/4 h. Por ingestión: LD₅₀: (oral, rata): 7400 mg/kg. Por contacto con la piel: LD₅₀: (dérmica, conejo): 7700 mg/kg / **Efectos locales:** inhalación: inflamación de las mucosas, tos y dificultad para respirar. Contacto con la piel: irritaciones. Contacto con los ojos: irritaciones / **Toxicidad crónica:** en concentraciones elevadas: mutagenicidad bacteriana: test de Ames: negativo.

10.1.12. Información ecológica

Movilidad: persistencia/degradabilidad / **Bioacumulación:** reparto: Log Pow: 3.21 (experimentalmente) / **Toxicidad acuática:** P. Promelas LC₅₀: 52 mg/litro/96 h.

10.1.13. Información legislativa

Conforme a la directiva 91/155/CEE de la comisión / **Artículo número:** 802892 / **Denominación:** éter dibutílico para síntesis, y derivados del petróleo.

10.2. MEK (METIL-ETIL-CETONA)

10.2.1. Identificación del producto

Butanona / Metiletilcetona / 2-Butanona / MEK.

10.2.2. Información de la composición del producto

CH₃COC₂H₅ / Masa molecular: 72.1 g/mol.

10.2.3. Identificación de riesgos

Efectos sobre la salud: si / **Efectos sobre el medio ambiente:** contaminante acuático / **Peligros físicos y químicos:** altamente inflamable, las mezclas vapor/aire son explosivas / **Peligros específicos/CEE:** ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC(R)-88, código NFPA: H 1; F 3; R 0.

10.2.4. Información de primeros auxilios

Consejos generales: aplicar el producto en lugares abiertos y ventilados, usar mascararas de seguridad y guantes de protección / **Inhalación:** aire limpio, reposo y proporcionar asistencia médica / **Contacto con la piel:** quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse / **Contacto con los ojos:** enjuagar con agua

abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica / **Ingestión:** enjuagar la boca, dar a beber agua abundante y proporcionar asistencia médica.

10.2.5. Peligros de incendio y explosión

Métodos de extinción adecuados: polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono / **Peligros específicos:** altamente inflamable, mezclas de vapor/aire explosivas / **Métodos específicos:** en caso de incendio mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

10.2.6. Medidas contra escapes accidentales

Precauciones individuales: recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. No verterlo al alcantarillado (protección personal adicional: equipo autónomo de respiración) / **Precauciones para la protección del medioambiente:** esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial a los organismos acuáticos.

10.2.7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación: recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. No verterlo al alcantarillado (protección personal adicional: equipo autónomo de respiración) / **Almacenamiento:** a prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes y ácidos fuertes. Mantener en lugar fresco y bien cerrado.

10.2.8. Controles de exposición y protección personal

Límites de exposición: TLV (como TWA): 200 ppm; 590 mg/m³ (ACGIH 1993-1994). TLV (como valor techo): 300 ppm; 885 mg/m³ (ACGIH 1993-1994) / **Protección respiratoria:** ventilación, extracción localizada o protección respiratoria / **Protección de las manos:** guantes protectores y traje de protección / **Protección de los ojos:** pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria / **Protección de la piel y del cuerpo:** no comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.

10.2.9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico (a 20 °C): líquido / **Temperatura de ebullición:** 80 °C / **Temperatura de fusión:** -86 °C / **Temperatura de autoignición:** 505 °C / **Límite de explosión inferior:** 1.8 % vol. aire / **Presión de vapor (a 20 °C):** 10.5 kPa / **Densidad (a 20 °C):** 0.77 g/cm³ / **Hidrosolubilidad:** 29 g/100 mL.

10.2.10. Estabilidad y reactividad

Condiciones a evitar: evitar las llamas, no producir chispas y no fumar / **Materias a evitar:** sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosiones. No utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas / **Productos de descomposición peligrosos:** las mezclas vapor/aire son explosivas.

10.2.11. Información toxicológica

Toxicidad aguda: consultar al médico / **Por inhalación:** tos, vértigo, embotamiento, dolor de cabeza, náuseas / **Por ingestión:** calambres abdominales, confusión (véase inhalación) / **Por contacto con la piel:**

puede absorberse, enrojecimiento / **Inhalación:** jadeo, pérdida del conocimiento, vómitos / **Contacto con la piel:** irritación, sequedad / **Contacto con los ojos:** irritación aguda, picor, sequedad, dolor / **Toxicidad crónica:** en concentraciones elevadas: el contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar a la sangre y a la médula ósea.

10.2.12. Información ecológica

Movilidad: esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial a los organismos acuáticos / **Bioacumulación:** si / **Toxicidad acuática:** si.

10.2.13. Información legislativa

Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE transpuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).

10.3. TEJIDO PREIMPREGNADO (PREPEG Z-19.760)

10.3.1. Identificación del producto

8552 Preimpregnado (fibra de carbono).

10.3.2. Información de la composición del producto

La resina contiene:

20 – 35% de Tetraglicidil metileno dianilina.

20 – 35% de Triglicidil p-amino fenol.

10 – 30 % de 3,3' Diaminodifenilsulfono.

1 – 5 % de 4-4' Diaminodifenilsulfono.

10.3.3. Identificación de riesgos

Efectos sobre la salud: nocivo por contacto con piel y por ingestión /

Efectos sobre el medio ambiente: tóxico para organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio acuático /

Peligros físicos y químicos: la fibra de carbono contenida en algunos productos es conductora eléctrica / **Peligros específicos/CEE:** agente mutante categoría 3.

10.3.4. Información de primeros auxilios

Consejos generales: usar ropa y guantes de protección adecuada /

Inhalación: ventilación local o equipo de aspiración serán necesarios cuando el material sea mecanizado después del curado del mismo /

Contacto con la piel: guantes de Nitrilo y ropa de manga larga / **Contacto**

con los ojos: gafas de protección cerradas o pantalla facial durante las operaciones de mecanizado / **Ingestión:** no descritos / **Protección para los**

socorristas: no descritos / **Notas para el médico:** No descritas.

10.3.5. Peligros de incendio y explosión

Métodos de extinción adecuados: utilizar extintor de dióxido de carbono, polvo seco, espuma o nebulizador de agua. No utilizar chorros de

agua ya que pueden extender la base del fuego. En un incendio grave llevar aparatos respiratorios autónomos / **Peligros específicos:** la combustión puede liberar óxido de carbono, nitrógeno y azufre / **Equipos de protección personal para los bomberos:** equipos respiratorios autónomos.

10.3.6. Medidas contra escapes accidentales

Precauciones individual: limpiar la zona afacetada y eliminar el producto y los materiales de limpieza de acuerdo con las disposiciones locales / **Recuperación:** en las condiciones que se presentan estos compuestos (formando parte de un composite), no se espera que puedan formar derrames / **Eliminación:** su eliminación se hará mediante un gestor de residuos peligrosos homologado.

10.3.7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación: el polvo de mecanizado del material solidificado contendrá material fibroso. Evitar su inhalación y disponer de una instalación de recogida de polvo efectiva en la zona de corte / **Almacenamiento:** el material ha de ser conservado en cámara frigorífica a una Tª máxima de -25 °C, tiene un tiempo de exposición a Tª ambiente de 240 horas máximo, y un tiempo máximo de conservación en cámara frigorífica de 18 meses. Almacenar lejos de los alimentos y los productos inflamables.

10.3.8. Controles de exposición y protección personal

Protección respiratoria: se debe utilizar ventilación por respiración local o un respirador autorizado cuando se producen vapores del material caliente, o polvo en el mecanizado / **Protección de los ojos:** deben utilizarse gafas o protección facial durante las operaciones de mecanizado /

Protección de la piel y del cuerpo: lavarse las manos después de cada turno y antes de comer o fumar, y antes de usar e baño / **Medidas de higiene específicas:** no comer o beber cuando se está trabajando con estos materiales.

10.3.9. Estabilidad y reactividad

Condiciones a evitar: la descomposición térmica y la combustión pueden liberar óxidos de carbono nitrógeno y azufre / **Materias a evitar:** evitar contacto con ácidos álcalis fuerte y materiales oxidantes / **Productos de descomposición peligrosos:** el material puede reaccionar exotéricamente al ser expuesto a temperaturas elevadas.

10.4. RESINA EPOXY (8552)

10.4.1. Identificación del producto

Resin solution.

10.4.2. Información de la composición del producto

Mezcla formada por las sustancias especificadas a continuación con adiciones no peligrosas.

Componentes peligrosos:

CAS: 25068-38-6.

NLP: 500-033-5.

Producto de reacción: bisfenol-A-epiclorhidrina; resinas epoxi (peso molecular medio ≤ 700 g/mol).

10.4.3. Identificación de riesgos

Efectos sobre la salud: si / **Efectos sobre el medio ambiente:** R 51/53, tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático / **Peligros físicos y químicos:** contiene componentes epoxídicos / **Peligros específicos/CEE:** no descritos.

10.4.4. Información de primeros auxilios

Inhalación: suministrar suficiente aire fresco y, para mayor seguridad, consultar el médico. Las personas desmayadas deben tenderse y transportarse de lado con la suficiente estabilidad / **Contacto con la piel:** lavar inmediatamente con agua y jabón y enjuagar bien / **Contacto con los ojos:** limpiar los ojos abiertos durante varios minutos con agua corriente. En caso de trastornos persistentes consultar un médico / **Ingestión:** consultar a un médico si los trastornos persisten / **Protección para los socorristas:** llevar puesto equipo de protección. Mantener alejadas las personas sin protección / **Notas para el médico:** No descritas.

10.4.5. Peligros de incendio y explosión

Métodos de extinción adecuados: polvo, espuma resistente al alcohol, agua en grandes cantidades, dióxido de carbono / **Peligros específicos:** altamente inflamable y mezcla de vapor aire son explosivas / **Métodos específicos:** en caso de incendio no mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua, por razones de seguridad. Como sustancias extintoras apropiadas, se pueden utilizar CO₂, arena, polvo extintor. No utilizar agua. **Equipo especial de protección:** colocarse la protección respiratoria.

10.4.6. Medidas contra escapes accidentales

Precauciones individuales: ventilar. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. No verterlo al alcantarillado (protección personal adicional: equipo autónomo de respiración) / **Indicaciones adicionales sobre las condiciones de almacenamiento:** mantener el recipiente cerrado herméticamente / **Métodos de limpieza:** Recuperación: no dejar que se introduzca en el alcantarillado ni que contamine las aguas. Al penetrar en las aguas o en el alcantarillado, avisar a las autoridades pertinentes. Evitar que penetre en la canalización/aguas de superficie/agua subterráneas. **Eliminación:** quitar con material absorbente. Asegurar suficiente ventilación. No enjuagar con agua ni productos de limpieza acuosos.

10.4.7. Controles de exposición y protección personal

Componentes con valores límites admisibles que deben controlarse en el puesto de trabajo:

108-88-3 tolueno LEP 191 mg/m³, 50 mL/m³ vía dérmica, VLB.

141-78-6 acetato de etilo LEP 1460 mg/m³, 400 mL/m³.

78-92-2 butanol LEP 308 mg/m³, 100 mL/m³.

67-63-0 2-propanol LEP valor de corta duración: 1250 mg/m³, 500 ml/m³, valor de larga duración: 998 mg/m³, 400 mL/m³.

Protección respiratoria: si la exposición va a ser breve o de poca intensidad, colocarse una máscara respiratoria. Para una exposición más intensa o de mayor duración, usar un aparato de respiración autónomo / **Protección de las manos:** guantes de protección. El material del guante deberá ser impermeable y resistente al producto/sustancia/preparado /

Protección de los ojos: gafas de protección herméticas / **Protección de la piel y del cuerpo:** indumentaria normal de trabajo, que absorba posibles salpicaduras / **Medidas de higiene específicas:** mantener alejado de alimentos, bebidas y alimentos. Quitarse de inmediato la ropa ensuciada o impregnada. Lavarse las manos antes de las pausas y al final del trabajo. Evitar el contacto con los ojos y la piel.

10.4.8. Propiedades físicas y químicas

Estado físico (a 20 °C): líquido / **Temperatura de ebullición:** 77 °C / **Temperatura de autoignición:** 390 °C / **Límite de explosión inferior** 1.2 % vol., **límite superior** 11.5 % vol. / **Presión de vapor (a 20 °C):** 97 hPa / **Densidad (a 20 °C):** 0.934 g/cm³ / **Hidrosolubilidad:** poca o no mezclable.

10.4.9. Información toxicológica

Valores LD/LC50 relevantes para la clasificación: 108-88-3
Tolueno: toxicidad aguda: Por inhalación: inhalatorio LC50/4 h 5320 mg/L (ratón). Por ingestión: oral LD50 5000 mg/kg (rata). Por contacto con la piel: termal LD50 12124 mg/kg (conejo) / **Efectos locales:** inhalación: irrita las vías respiratorias. Contacto con la piel: irrita la piel y las mucosas. Contacto con los ojos: produce irritaciones / **Toxicidad crónica:** en concentraciones elevadas puede producir asfixia.

10.4.10. Información ecológica

Movilidad: nivel de riesgo para el agua 2 (autoclasificación): peligroso para el agua. No dejar que se infiltre en aguas subterráneas, aguas superficiales o en alcantarillados / **Persistencia/degradabilidad:** difícilmente degradable / **Bioacumulación:** una cantidad mínima vertida en el subsuelo ya representa un peligro para el agua potable / **Toxicidad acuática:** tóxico

para peces. Vertido en aguas superficiales, también es tóxico para los peces y el plancton. Tóxico para organismos acuáticos.

10.4.11. Información legislativa

Código 08 01 11: residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas. El producto está catalogado y etiquetado según las directrices de la CEE/Reglamento sobre sustancias peligrosas / **Letra indicadora y denominación de la peligrosidad del producto:** Xn Nocivo. Peligroso para el medio ambiente / **Componentes peligrosos a indicar en el etiquetaje:** producto de reacción: bisfenol-A-epiclorhidrina; resinas epoxi (peso molecular medio ≤ 700), tolueno.

ANEXO XI: GLOSARIO DE TÉRMINOS

5 S: herramienta del Lean Management aplicable en Housekeeping. Las 5 S designan las palabras japonesas Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke.

A340: avión civil de pasajeros de largo alcance y fuselaje ancho de Airbus, similar al A330 pero con 4 motores en lugar de 2.

A400M: avión de carga con 4 motores turbopropulsados diseñado por Airbus Military para cubrir las necesidades de transporte aéreo de los países europeos.

Airweaver: tejido respirador de superficie para realización de compactaciones, bolsas de vacío y curado en autoclave.

Andon: palabra japonesa que significa "linterna" y describe una herramienta del Lean Management.

Autoclave: equipo utilizado para llevar a cabo el curado/polimerización de materiales preimpregnados a alta temperatura y presión.

Brainstorming: palabra inglesa que hace referencia a la herramienta del Lean Management de "tormenta de ideas".

Cadencia: productividad o frecuencia de salida de subconjuntos terminados de la planta.

Círculo de calidad: pequeño grupo de trabajadores que realizan tareas semejantes y se reúnen para identificar, analizar y solucionar problemas del propio trabajo, ya sea en cuanto a calidad o productividad.

Composites: término inglés usado frecuentemente para referirse a los "materiales compuestos".

Cuello de botella: diferentes actividades que disminuyen la velocidad de los procesos, incrementan los tiempos de espera y reducen la productividad, trayendo como consecuencia final el aumento en los costes.

Desperdicio: toda mala utilización de los recursos y/o posibilidades de una empresa que desemboca en actividades que no agregan valor.

Diagrama causa – efecto: herramienta del Lean Management que resume gráficamente todas las relaciones entre las causas y efectos de un proceso.

Diagrama de Pareto: herramienta del Lean Management que permite clasificar causas de problemas desde la más significativa hasta la menos significativa en base a su frecuencia, permitiendo priorizaciones.

Estandarización: conjunto de políticas, reglas, instrucciones y procedimientos establecidos para todas las operaciones importantes que sirven como pautas para que los empleados desempeñen sus tareas.

Flashbreaker: cinta adhesiva de color azul capaz de resistir altas temperaturas. Se usa en la fabricación de bolsas de curado.

Frekote: producto químico utilizado como agente desmoldeante para facilitar la extracción de las piezas curadas de sus útiles.

Gemba: término japonés muy usado en Housekeeping que se refiere al "puesto de trabajo".

HNC: siglas de Hoja de No Conformidad, parte emitida por calidad cuando un producto no cumple los requisitos establecidos.

Hoja de control de vida: documento asociado a los kits y materiales preimpregnados de fabricación que permite controlar el tiempo de vida restante en el caso de que se extraigan de la cámara frigorífica.

Housekeeping: expresión inglesa utilizada para designar el mantenimiento de una casa). En este contexto se refiere a una herramienta del Lean Management de gestión de organización, orden y limpieza en el trabajo.

Incentivo: estímulo al personal basado en los recursos humanos creado para lograr motivar al mismo y mejorar de este modo su desempeño.

JIT: siglas de "Just in Time" (justo a tiempo), una herramienta del Lean Management para el control de plazos, inventarios, planificaciones, etc.

Kaizen: herramienta del Lean Management que se dirige hacia la búsqueda de mejoras en la planta en todos los sentidos, eliminando desperdicios.

Kanban: palabra japonesa que significa "tarjeta" que designa a una herramienta del Lean Management de gestión de la producción.

Layout: distribución en planta.

Lay-Up: operación consistente en colocar las distintas telas de material preimpregnado unas sobre otras y sobre un molde (útil).

Lead time: duración del ciclo de un proceso productivo.

Lean Management: término que designa una filosofía de producción y calidad basada en la eliminación de desperdicios (producción esbelta, ágil).

Libro de Lay-Up: documento realizado por ingeniería de producción en el que se recoge toda la información necesaria para llevar a cabo el apilamiento de telas para fabricar una determinada pieza.

Mapa de procesos: representación gráfica donde se identifican claramente los procesos que contribuyen de forma significativa a la fabricación.

MEK: término que se refiere al producto químico metiletilcetona, utilizado en la limpieza de útiles previamente a aplicar el agente desmoldeante.

Muda: palabra japonesa que significa "desperdicio".

Orden de producción: documento esencial para la fabricación donde se indican las operaciones a realizar para fabricar una determinada pieza, y que debe ir sellándose a medida que transcurren las mismas.

Part Number: término utilizado en aeronáutica para identificar a una pieza con unas características determinadas. Dos piezas con el mismo Part Number son exactamente iguales.

Poka-Yoke: herramienta del Lean Management basada en eliminar o al menos reducir la posibilidad de fallo humano en los procesos.

Prepeg: término que hace referencia a los preimpregnados, materiales compuestos parcialmente curados que se usan en la fabricación de piezas.

Recanteo: operación de recorte de las piezas que han sido desmoldeadas.

Retribución: recompensa o pago.

Seiketsu: palabra japonesa que significa estandarización.

Seiri: palabra japonesa que significa organización.

Seiso: palabra japonesa que significa limpieza.

Seiton: palabra japonesa que significa orden.

Shitsuke: palabra japonesa que significa disciplina.

SMED: siglas de una herramienta del Lean Management para agilizar la preparación de máquinas (Single Minute Exchange of Die).

Stock: inventario, provisión, existencia de cualquier bien, productos, etc.

TPM: Mantenimiento Productivo Total, herramienta del Lean Management para la gestión del mantenimiento implicando a todo el personal.

VSM: Siglas de "Value Stream Map", herramienta básica del Lean Management que se basa en analizar la cadena de valor de un proceso.

ANEXO XII: BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

William D. Callister Jr., *"Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales, vol. 2"*. 3ª edición. Barcelona: editorial Reverté. S.A., 1995. ISBN 84-291-7252-1.

A. Miravete, J. Cuartero, *"Materiales compuestos"*. Universidad de Zaragoza, 2004. ISBN 84-921349-7-6.

Derek Hull, *"Materiales compuestos"*. Barcelona: editorial Reverté, S.A, 2003. ISBN 8429148396.

Enric Barba Ibañez (aut), Manuel A. Castro Hermida (coord.), *"Los tres caminos para conseguir la excelencia en operaciones: Seis Sigma, Lean Manufacturing y TOC"*. Santiago de Compostela: Tórculo Edicións, 2005. ISBN 84-8408-330-6.

Auston Marmaduke Kilpatrick, *"Lean Manufacturing Principles: A Comprehensive Framework for Improving Production Efficiency"*. Massachusetts Institute of Technology, 1997.

Jeffrey K. Liker, *"The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer"*. McGraw-Hill, 2004. ISBN 0071392319.

James P. Womack, *"La máquina que cambió el mundo"*. Madrid: McGraw-Hill, 1995.

Benito Banegas Banegas, *"La estructura y actividad de la empresa"*. Madrid: Ibérico Europea de Ediciones, 1988. ISBN 84-256-0455-9.

Kiyoshi Suzuki, *"Competitividad en fabricación en la década de los 90: técnicas para la mejora continua"*. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción, S.A., 1991. ISBN 8487022677.

W. Edwards Deming, *"La nueva economía: para la industria, el gobierno y la educación"*. Madrid: Díaz de Santos, 1997. ISBN 8479783230.

Hiroyuki Hirano, *"El JIT, revolución en las fábricas: una guía gráfica para el diseño de la fábrica del futuro"*. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción, 1990. ISBN 84-87022-62-6.

Documentación de la empresa "Easy Industrial Solutions", consultada entre noviembre de 2006 y mayo de 2007.

ARTÍCULOS

Francisco Rey Sacristán, *"Análisis del valor añadido para mejorar la productividad"*. Revista Técnica Industrial, nº 267, enero-febrero 2007.

Lluís Cuatrecasas Arbós, *"Metodología para la implantación del Lean Management en una empresa industrial independiente y de tamaño medio"*. Instituto Lean Management.

Ignacio Tornos, Bruno Juanes, *"Identificar el despilfarro: el mapa del flujo del valor"*. LogiCEL Lean Sigma, nº 50, junio de 2005.

Roberto Javier Santa Cruz Ruiz, *"Una aproximación al pensamiento Lean... hacia las empresas y naciones esbeltas"*. APICS Capítulo México / Asociación para la Administración de Operaciones.

NORMAS

R+W-K-766

Fabricación de estructuras con materiales compuestos de fibra de carbono (laminados y “sandwich”).

R+W-K-853

Aplicación de sellantes.

R+W-K-651

Aplicación de agentes desmoldeantes líquidos.

R+W-K-612

Mecanizado de materiales compuestos.

PÁGINAS WEB

www.institutolean.org

Página web del instituto Lean Management.

www.eads.com

Página web de la empresa EADS-CASA, Construcciones Aeronáuticas, S.A.

www.mtas.es

Página web del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

www.dmpa.upm.es

Página web del Departamento de Materiales y Producción Aeroespacial de la Universidad de Madrid.

www.ibertec-sistemas.com

Página web de la empresa Ibertec Sistemas, S.A. (máquina de corte).

www.marketing-relacional.com

Página web dedicada a la gestión de las relaciones de las organizaciones con sus clientes.

www.gestiopolis.com

Artículos y documentos de gestión de empresas.

www.fundibeq.org

Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad.

www.cedetel.es

Página web del Centro de Innovación en Movilidad de Valladolid.

www.iat.es/excelencia

Página web del Instituto Andaluz de Tecnología, sección del Centro Andaluz para la Excelencia en la Gestión, Jornada Técnica sobre "Experiencias en la Aplicación de Lean".

www.itcl.es

Página web del Instituto Tecnológico de Castilla y León.

Todos los recursos web citados han sido consultados en el periodo que comprende de noviembre de 2006 a mayo de 2007. Del mismo modo, todos ellos han sido revisados a fecha de 24 de mayo de 2007.

ANEXO DIGITAL DVD: UNA MIRADA A LA PRODUCCIÓN DE COMPOSITES

Anexo al proyecto se incluye un disco DVD reproducible en cualquier reproductor doméstico que contiene un vídeo sobre el proceso de producción llevado a cabo en la planta de composites. La duración del vídeo está en torno a 15 – 20 minutos, y se incluye como complemento al capítulo 4 del presente proyecto. El objetivo de este documento digital es facilitar la comprensión a grandes rasgos de las distintas actividades y operaciones que se llevan a cabo en la planta de producción, de modo que se facilite asimismo entender los diagnósticos y las soluciones propuestas relacionadas con él.

Este DVD no puede sustituir en nivel de profundidad técnica al análisis operativo llevado a cabo sobre el Sistema de Gestión Integrado a lo largo de todo el capítulo 4; no obstante complementa al mismo de un modo muy visual (y por tanto muy Lean). La tendencia de los últimos años en análisis del tipo aquí presentado es a dejar perfectamente claras todas y cada una de las actividades que se desarrollan en el lugar de estudio, por lo que es muy común apoyar los estudios con documentos de este tipo siempre que sea posible para ubicar completamente los proyectos en su lugar de origen.

El título del vídeo presentado es

“UNA MIRADA A LA PRODUCCIÓN DE COMPOSITES”

DOCUMENTO N° 2:

PRESUPUESTO

PRESUPUESTO

El objetivo del presente documento es reflejar el presupuesto de implantación de las mejoras propuestas a lo largo del proyecto "Análisis en tiempo real, redefinición y mejora mediante el uso de técnicas de gestión Lean Management del proceso de producción de piezas de materiales compuestos".

El presupuesto se estructurará en una serie de partidas, correspondientes a las distintas propuestas de mejora planteadas en la memoria descriptiva, un total de 13. Para cada una de ellas se estiman las horas de ingeniería/consultoría necesarias para realizar la implantación, así como los distintos elementos de mejora propuestos a lo largo del proyecto, suponiendo que todos ellos sean aprobados e instalados, con la salvedad concreta en la partida IX de que los ítems de código 0902 y 0903 se proponen para el mismo fin por lo que son excluyentes entre sí, en este caso se indica el precio total de la partida considerando ambos casos.

Los valores de tiempo necesario de ingeniería se han estimado a partir de consultas a personal con experiencia en tareas similares.

Los costes de los distintos conceptos se han estimado en base a información de proveedores, equipos y elementos/dispositivos similares y referencias bibliográficas; por lo que debe considerarse en conjunto como un presupuesto aproximado y por tanto de carácter orientativo.

Las cantidades de elementos como etiquetas, metros cuadrados de polietileno de baja densidad, etc. se han estimado para la producción actual en la planta; para nuevos programas sería necesaria una cantidad mayor.

El presupuesto se estima a precios corrientes.

PARTIDA I

<i>Cód.</i>	<i>Concepto</i>	<i>Ud</i>	<i>Precio unitario</i> (€/Ud)	<i>Cant.</i>	<i>Precio</i> (€)
0101	Ingeniería / consultoría.....	h	32.30	80	2584.00
0102	Cursos formación externa producción.....	h	50.00	230	11500.00
0103	Cursos formación externa calidad / Lean Management.....	h	40.00	100	4000.00
0104	Cursos formación externa prevención de riesgos.....	h	35.60	26	925.60
0105	Curso formación inglés.....	h	80.00	40	3200.00
TOTAL PARTIDA I					22209.60

PARTIDA II

<i>Cód.</i>	<i>Concepto</i>	<i>Ud</i>	<i>Precio unitario</i> (€/Ud)	<i>Cant.</i>	<i>Precio</i> (€)
0201	Ingeniería / consultoría.....	h	32.30	55	1776.50
TOTAL PARTIDA II					1776.50

PARTIDA III

<i>Cód.</i>	<i>Concepto</i>	<i>Ud</i>	<i>Precio unitario</i> (€/Ud)	<i>Cant.</i>	<i>Precio</i> (€)
0301	Ingeniería / consultoría.....	h	32.30	35	1130.50
0302	Etiquetas rojas 5 S.....	m ²	2.50	6	15.00
0303	Etiquetadora + etiquetas.....	Ud	86.95	1	86.95
0304	Panel herramientas recanteo...	Ud	53.90	1	53.90
0305	Paneles pequeños SL.....	Ud	20.60	4	82.40
0306	Buzón para OP en SL.....	Ud	21.95	1	21.95
TOTAL PARTIDA III					1390.70

PARTIDA IV

<i>Cód.</i>	<i>Concepto</i>	<i>Ud</i>	<i>Precio unitario</i> (€/Ud)	<i>Cant.</i>	<i>Precio</i> (€)
0401	Ingeniería / consultoría.....	h	32.30	30	969.00
0402	Tableros de información.....	Ud	7.95	2	15.90
TOTAL PARTIDA IV					984.90

PARTIDA V

<i>Cód.</i>	<i>Concepto</i>	<i>Ud</i>	<i>Precio unitario</i> (€/Ud)	<i>Cant.</i>	<i>Precio</i> (€)
0501	Ingeniería / consultoría.....	h	32.30	180	5814.00
0502	Diseño, desarrollo e instalación del software.....	h	30.00	600	18000.00
0503	Sistema luces Andon.....	Ud	520.00	4	2080.00
TOTAL PARTIDA V					25894.00

PARTIDA VI

<i>Cód.</i>	<i>Concepto</i>	<i>Ud</i>	<i>Precio unitario</i> (€/Ud)	<i>Cant.</i>	<i>Precio</i> (€)
0601	Ingeniería / consultoría.....	h	32.30	15	484.50
TOTAL PARTIDA VI					484.50

PARTIDA VII

<i>Cód.</i>	<i>Concepto</i>	<i>Ud</i>	<i>Precio unitario</i> (€/Ud)	<i>Cant.</i>	<i>Precio</i> (€)
0701	Ingeniería / consultoría.....	h	32.30	100	3230.00
TOTAL PARTIDA VII					3230.00

PARTIDA VIII

<i>Cód.</i>	<i>Concepto</i>	<i>Ud</i>	<i>Precio unitario</i> (€/Ud)	<i>Cant.</i>	<i>Precio</i> (€)
0801	Ingeniería / consultoría.....	h	32.30	10	323.00
<i>TOTAL PARTIDA VIII</i>					<i>323.00</i>

PARTIDA IX

<i>Cód.</i>	<i>Concepto</i>	<i>Ud</i>	<i>Precio unitario</i> (€/Ud)	<i>Cant.</i>	<i>Precio</i> (€)
0901	Ingeniería / consultoría.....	h	32.30	75	2422.50
0902	Plantillas de polietileno de baja densidad (producción actual) + corte según dimensiones.....	m ²	18.00	30	540.00
0903	Máquina automática corte telas (incluye montaje).....	Ud	120500.00	1	120500.00
0904	Etiquetas identificativas.....	m ²	4.50	3	13.50
<i>TOTAL PARTIDA IX CON 0902</i>					<i>2976.00</i>
<i>TOTAL PARTIDA IX CON 0903</i>					<i>122936.00</i>

PARTIDA X

<i>Cód.</i>	<i>Concepto</i>	<i>Ud</i>	<i>Precio unitario</i> (€/Ud)	<i>Cant.</i>	<i>Precio</i> (€)
1001	Ingeniería / consultoría.....	h	32.30	60	1938.00
1002	Carteles de calidad.....	Ud	7.95	6	47.70
<i>TOTAL PARTIDA X</i>					<i>1985.70</i>

PARTIDA XI

<i>Cód.</i>	<i>Concepto</i>	<i>Ud</i>	<i>Precio unitario</i> (€/Ud)	<i>Cant.</i>	<i>Precio</i> (€)
1101	Ingeniería / consultoría.....	h	32.30	35	1130.50
<i>TOTAL PARTIDA XI</i>					<i>1130.50</i>

PARTIDA XII

<i>Cód.</i>	<i>Concepto</i>	<i>Ud</i>	<i>Precio unitario</i> (€/Ud)	<i>Cant.</i>	<i>Precio</i> (€)
1201	Ingeniería / consultoría.....	h	32.30	25	807.50
TOTAL PARTIDA XII					807.50

PARTIDA XIII

<i>Cód.</i>	<i>Concepto</i>	<i>Ud</i>	<i>Precio unitario</i> (€/Ud)	<i>Cant.</i>	<i>Precio</i> (€)
1301	Ingeniería / consultoría.....	h	32.30	15	484.50
TOTAL PARTIDA XIII					484.50

RESUMEN DEL PRESUPUESTO		
Partida	Importe (€)	
I	22209.60	
II	1776.50	
III	1390.70	
IV	984.90	
V	25894.00	
VI	484.50	
VII	3230.00	
VIII	323.00	
IX	2976.00	122936.00
X	1985.70	
XI	1130.50	
XII	807.50	
XIII	484.50	
TOTAL	63677.40	183637.40

Presupuesto considerando el ítem 0902

TOTAL.....	63677.40 €
+ 5 % IMPREVISTOS.....	66861.27 €
16 % I.V.A.....	10697.80 €
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL.....	77559.07 €

Presupuesto considerando el ítem 0903

TOTAL.....	183637.40 €
+ 5 % IMPREVISTOS.....	192819.27 €
16 % I.V.A.....	30851.08 €
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL.....	223670.35 €

El presupuesto general para el proyecto "Análisis en tiempo real, redefinición y mejora mediante el uso de técnicas de gestión Lean Management del proceso de producción de piezas de materiales compuestos", sujeto a la consideración del ítem 0902, asciende a la cantidad de SETENTA Y SIETE MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y NUEVE EUROS CON SIETE CÉNTIMOS.

El presupuesto general del mismo proyecto, sujeto a la consideración del ítem 0903, asciende a la cantidad de DOSCIENTOS VEINTE Y TRES MIL SEISCIENTOS SETENTA EUROS CON TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS.

Puerto Real, a Mayo de 2007

El Ingeniero Químico: D. Ramón Arellano García

