

Resumen

El presente trabajo describe en detalle un sistema de gestión y control de proyectos aplicado al caso concreto y real de la introducción del sistema de suspensión trasera en un modelo de vehículo utilitario de alto volumen de fabricación.

En la industria de componentes para la automoción se dan en general tres tipos de proyectos:

- Investigación y validación de tecnologías, materiales y sistemas.
- Desarrollo, industrialización y puesta en el mercado de sistemas o componentes cuya tecnología es ya conocida.
- Proyectos internos, en general son de mejora organizacional y/o productiva.

EL trabajo que presentamos corresponde al segundo tipo de proyectos en el que la tecnología es conocida y está validada. Por tanto el sistema de gestión y control está enfocado a asegurar que se consiguen los objetivos del cliente y del suministrador, siempre comunes: calidad, plazo y coste.

El proyecto de introducción del sistema de suspensión trasera lo hemos considerado dividido en tres fases:

- Inicio y lanzamiento del proyecto
- Ejecución del proyecto
- Cierre y transferencia a la planta de producción

No hemos considerado la planificación como fase sino como una actividad que está presente durante todo el desarrollo del proyecto desde el principio al final.

El trabajo ha sido desarrollado explicando cada una de las acciones individuales (ó tareas) que deben acometerse en cada fase y poniendo como ejemplo el estado del proyecto de introducción de la suspensión trasera.





Sumario

RESUMEN	1
SUMARIO	3
1. ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS	5
2. PREFACIO	7
2.1. Origen del proyecto.....	7
2.2. Motivación	7
2.3. Requerimientos previos	8
3. INTRODUCCIÓN	10
3.1. Objetivos del proyecto.....	10
3.2. Alcance del proyecto.....	11
4. FASE DE INICIO Y LANZAMIENTO DEL PROYECTO	12
4.1. Identificación de los requerimientos técnicos y comerciales.....	12
4.1.1. Requerimientos relativos al negocio	12
4.1.2. Requerimientos y especificaciones relativas al producto.....	13
4.2. Definición de los objetivos del proyecto.....	14
4.3. Desarrollo del caso de negocio.....	15
4.4. Identificación del lugar de producción.....	17
4.5. Iniciación del plan de proyecto.....	18
4.6. Identificación de alternativas al diseño y al proceso.....	21
4.7. Identificación de alternativas a los componentes comprados	22
4.8. Revisión de la fase 'Lanzamiento del Proyecto' . Entregables LP	23
5. FASE DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO	25
5.1. Diseño inicial del producto y del proceso.....	25
5.2. Oferta al cliente	25
5.3. Fondos requeridos para el proyecto	28
5.4. DFMEA y PFMEA	29
5.5. Plan de compras de componentes	31
5.6. Plan de ensayos y validación del producto.....	31
5.7. Compra del equipo y de la maquinaria de largo plazo	32
5.8. Plan de calidad del proyecto	34
5.9. Definición del plan de manufactura.....	35



5.9.1. Operación estandarizada.....	36
5.9.2. Instrucción de trabajo.....	37
5.9.3. Instrucción de empaquetado.....	38
5.10. Diseño y proceso validados y aprobados por el cliente	39
5.11. PC&L terminado y aprobado por el cliente.....	41
5.12. Aprobación de los PPAP de componentes comprados	43
5.13. Construcción y entrega al cliente de PPAP para aprobación	43
5.14. Validación de los medios productivos.....	44
6. FASE DE CIERRE Y TRANSFERENCIA	45
6.1. Producción piloto bajo requerimientos productivos. Run at Rate	45
6.2. Lecciones aprendidas	46
6.2.1. Lección aprendida 1: Ruido en el eje trasero del vehículo	47
6.2.2. Lección aprendida 2: Fuga estática.....	47
6.2.3. Lección aprendida 3: Fuga dinámica en ensayo de durabilidad	48
6.3. Plan de mejora continua	48
6.3.1. Mejora relativa al producto.....	49
6.3.2. Mejora relativa al proceso y a la organización	49
6.4. Transferencia del proyecto a producción y cierre del proyecto.....	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
AGRADECIMIENTOS	54
BIBLIOGRAFIA	55
Bibliografía complementaria	55



1. Abreviaturas y acrónimos

Listamos a continuación las abreviaturas que aparecen en el texto, la mayor parte proceden del inglés y son de uso técnico común.

Están simplemente en orden alfabético pero no ordenadas por naturaleza.

AP- *Aprobación de la Producción*- Salida de la fase de Ejecución. Contiene un conjunto de documentación que debe ser archivada como prueba de que la organización ha decidido pasar a la fase siguiente (ver figura 3.2, página 11)

APQP- *Advanced Product Quality Planning*- Planificación de Calidad del Producto Avanzada. Es la metodología del Six Sigma que controla los pasos de implantación del sistema de calidad total en un nuevo proyecto.

BOM- *Bill Of Materials*- Lista de materiales

CF- *Cash Flow*- Flujo de Caja (también Corriente de Liquidez). Es la diferencia entre cobros y pagos.

CT- *Cierre y Transferencia*- Aprobación y documentación de la salida de la fase del mismo nombre (Ver figura 3.2, página 11)

DCF- *Discounted Cash Flow*- Flujo de Caja Descontado

DFMEA- *Design Failure Mode and Effect Analysis*- Análisis de Efecto y Modo de Fallo en el Diseño del Producto. Es básicamente el FMEA aplicado al diseño del producto.

EBIT- *Earnings Before Interest and Taxes*- Beneficios Antes de Intereses e Impuestos.

FMEA- *Failure Mode and Effect Analysis*- Análisis de Efecto y Modo de Fallo. Es un análisis de riesgos potenciales que incluye también la valoración de los mismos y las acciones correctivas aplicables.

FTQ- *First Time Quality*- Calidad de Primera Vez. Es el valor porcentual de la calidad del producto justo después de ser producido.

IC- *Iniciación del Concepto*- Es la primera aprobación y documentación que se requiere en el proyecto (ver figura 3.2, página 11).

IPTV- *Incident Per Tousand Vehicles*- Incidentes Por Mil Vehículos. Cantidad de incidentes habidos durante la producción de mil vehículos.



LP- *Lanzamiento del Proyecto*- Aprobación y documentación de la salida de la fase de 'Inicio y Lanzamiento' (Ver figura 3.2, página 11)

IRR- *Internal Rate of Return*- Tasa Interna de Retorno

PB- *Pay Back*- Periodo de recuperación. Es el tiempo en el que se recupera una inversión

PCP- *Process Control Plan*- Plan de Control del Proceso

PC&L- *Production Control and Logistics*- Control de Producción y Logística- Es el departamento de la organización encargado de planificar la producción, el manejo de materiales y los envíos.

PFD- *Process Flow Diagram*- Diagrama de Flujo del Proceso- Es utilizado para la documentación de un proceso y muy útil para identificar los puntos susceptibles de mejora.

PFMEA- *Process Failure Mode and Effect Analysis*- Análisis de Efecto y Modo de Fallo en el Proceso

PPAP- *Production Part Approval Process*- Proceso de Aprobación de Piezas de Producción.

PPM- *Parts Per Million*- Piezas Por Millón. Corresponde al valor absoluto de las piezas defectuosas en un total de un millón de piezas producido.

RD- *Revisión del Diseño*- Control intermedio del estado del proyecto, se debe hacer durante la tarea de validación del diseño a la mitad de la fase de 'Ejecución'. La documentación y las aprobaciones son similares a las de salida de cualquier otra fase.

RPPM- *Returned (or Rejected) Parts Per Million*- Piezas Rechazadas por Millón. Cantidad de piezas rechazadas por el cliente bajo un total de un millón de piezas producido.

SORP- *Start Of Regular Production*- Arranque de la Producción en Serie.

TA- Tasa de Actualización- Es el valor de actualización durante el tiempo que damos al dinero a efectos de cálculo del VAN y otros parámetros. En general depende del país.

TIR- Tasa Interna de Rentabilidad- Es el valor de la Tasa de Actualización que anula el Cash Flor

QCP- *Quality Control Plan*- Plan de Control de Calidad- Es la herramienta que define como controlar la calidad de un determinado proceso



2. Prefacio

2.1. Origen del proyecto

El proyecto que se presenta corresponde al caso real de introducción de la suspensión trasera en un vehículo utilitario.

Fue iniciado en Noviembre de 1999 y su transferencia a la planta de producción se produjo en Noviembre del 2002, la duración del proyecto fue por tanto de dos años.

La gestión del proyecto fue realizada por un equipo de 7 personas trabajando a tiempo completo más 5 personas trabajando a tiempo parcial (ver apartado 4.5, página 18).

La planta de producción del cliente esta situada en París y también los centros de Compras y de Ingeniería del cliente, es por ello que nuestro equipo de gestión del proyecto estuvo localizado en Paris y en Polonia.

El autor del presente trabajo fue el director del proyecto en su conjunto.

2.2. Motivación

Hemos considerado interesante la exposición desde el principio al final de un proyecto de estas características en el que intervienen prácticamente todos los elementos de una empresa u organización: finanzas, compras, diseños de producto y de proceso, calidad, producción y logística.

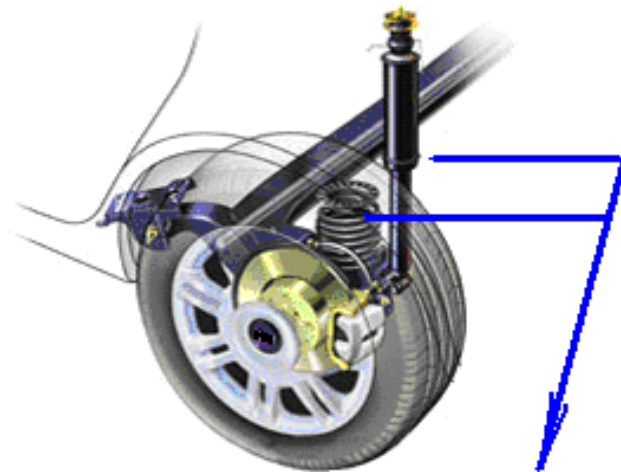
Uno de los aspectos importantes en nuestro proyecto de introducción de la suspensión trasera es la gran importancia que adquiere la coordinación ente el cliente y las empresas suministradoras de los elementos de suspensión delantera y trasera.

No se debe perder el enfoque de que el cliente es el responsable final del resultado y que en el proyecto global del lanzamiento de un nuevo vehículo las diferentes empresas suministradoras trabajan finalmente como un equipo con el objetivo común de lograr la satisfacción del cliente.



La figura muestra cual fue el objeto inicial de nuestro suministro: el amortiguador y el muelle.

Debido a ventajas de índole comercial, finalmente el cliente compró directamente el resorte al suministrador homologado y bajo especificaciones que fueron emitidas conjuntamente.



El proyecto contempla el desarrollo y suministro de los dos amortiguadores traseros y del resorte.

Fig. 2.2. Suspensión trasera

2.3. Requerimientos previos

Debe considerarse que el proyecto objeto de este trabajo es una pequeña parte de lo que representa el proyecto de introducción de un nuevo modelo de vehículo en el mercado.

Nuestro proyecto de desarrollo y puesta en marcha de la suspensión trasera dependerá de las especificaciones del cliente en relación a las características generales del vehículo y también dependerá de las características de la suspensión delantera.

El vehículo diseñado y que debía salir al mercado en un plazo de dos años requería unas suspensiones del tipo:

- Suspensión delantera: McPherson con ruedas independientes y brazos oscilantes inferiores transversales.
- Suspensión trasera: tipo puente de torsión con ruedas independientes y barra estabilizadora.



La figura 2.3 representa las características de peso en los ejes del vehículo implicado en nuestro proyecto.

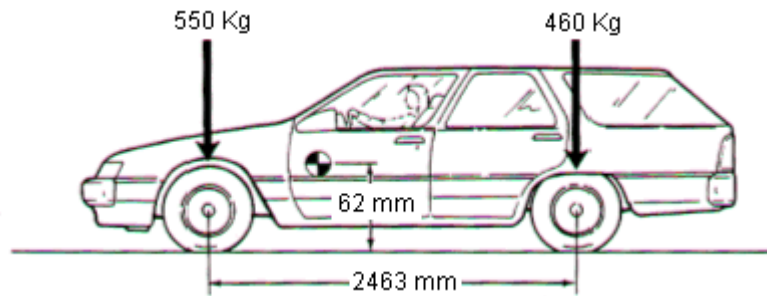


Fig. 2.3. Características del Vehículo

El conjunto de especificaciones fueron dadas oficialmente por el cliente, posteriormente discutidas y en algunos casos modificadas en posteriores reuniones técnicas.

El proyecto que presentamos recoge únicamente la suspensión trasera.



3. Introducción

3.1. Objetivos del proyecto

En el presente trabajo se presentan y describen los pasos a seguir para la correcta gestión y control de un proyecto de implementación de un componente en la industria de la automoción.

Dentro del sistema de gestión global del proyecto, entramos en el detalle de la explicación individual de cada una de las tareas.

Dado que el proyecto que desarrollamos en este trabajo ha sido un proyecto real, hemos evitado dar los detalles que pudiesen tener problemas en términos de confidencialidad.

Podemos resumir que el objetivo buscado es proveer de las herramientas necesarias para el correcto control de un proyecto mediante:

- la descripción global del sistema de gestión del proyecto.
- la explicación de la metodología de cada una de las tareas independientes que forman parte de las fases.
- la descripción cronológica de los hitos o fechas clave del proyecto.



3.2. Alcance del proyecto

Mediante el desarrollo del proyecto de introducción de la suspensión trasera se describe en detalle cada una de las fases y tareas que intervienen en cualquier proyecto de estas características.

La figura muestra de forma esquemática cuales son los ‘entregables’, cuales son las fases en las que hemos dividido el proyecto y la lista de tareas que deben realizarse en cada una de las fases.

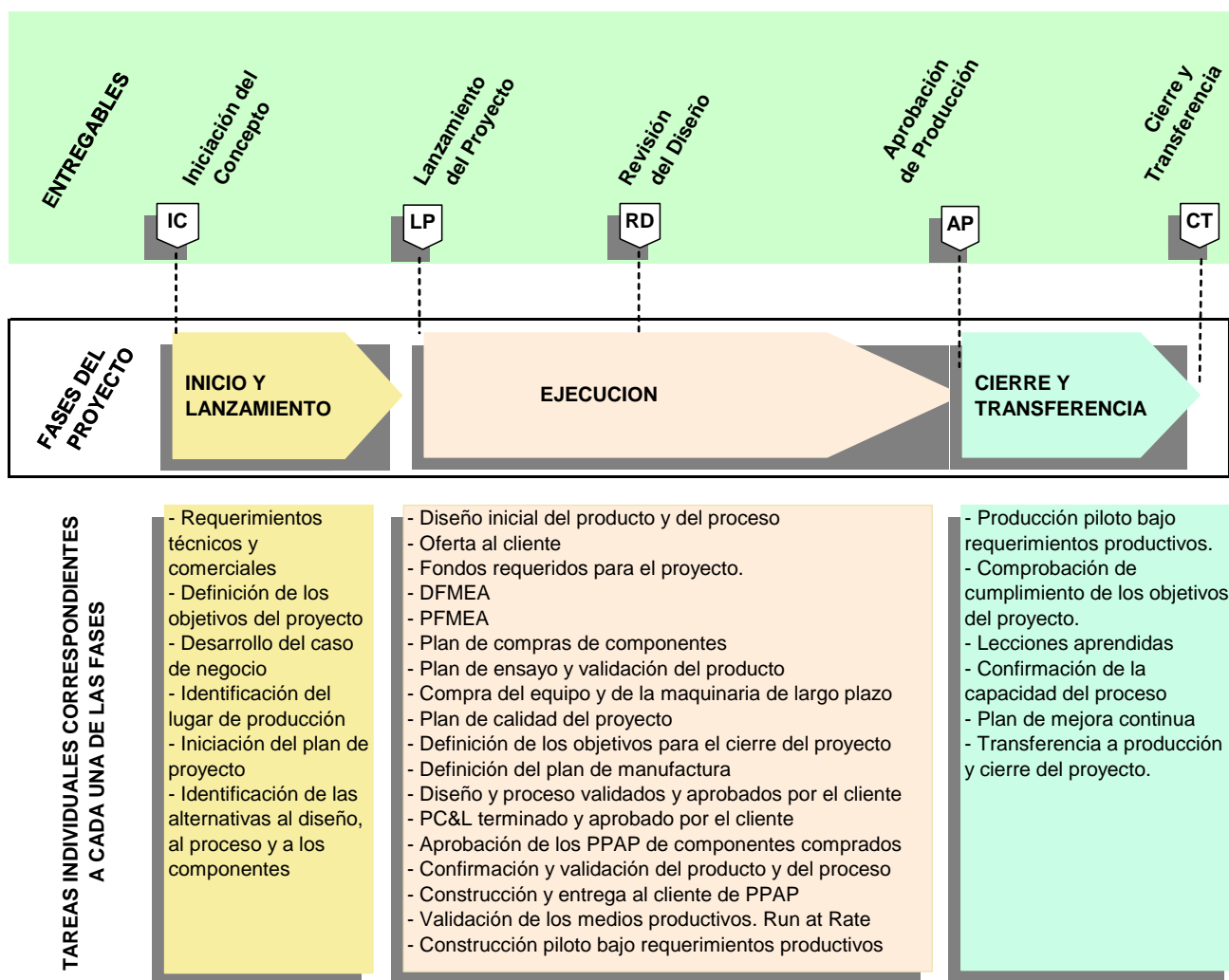


Fig. 3.2. Fases y actividades de un proyecto



4. Fase de Inicio y Lanzamiento del proyecto

4.1. Identificación de los requerimientos técnicos y comerciales

Los requerimientos y especificaciones del proyecto quedan definidos mediante las especificaciones iniciales dadas por el cliente y posterior discusión y ajuste de las mismas entre cliente y suministrador.

4.1.1. Requerimientos relativos al negocio

Objeto del negocio: suministro del amortiguador trasero a la línea de ensamblaje del constructor de vehículos.

Fechas clave del proyecto:

Primera entrega de prototipos :	5- Junio- 2000
Diseño y producto validado:	01- Octubre- 2000
Entrega y validación de PPAP:	07- Mayo- 2001
Inicio de la producción (SORP):	05- Noviembre- 2001

Volúmenes de fabricación (amortiguadores por año):

Año 2002:	600.000 amortiguadores
Año 2003:	1.000.000 amortiguadores
Año 2004:	1.500.000 amortiguadores
Año 2005:	1.700.000 amortiguadores
Año 2006:	1.600.000 amortiguadores
Año 2007:	1.600.000 amortiguadores



4.1.2. Requerimientos y especificaciones relativas al producto

Amortiguador hidráulico cargado de gas.

Longitud comprimido (mm): 314 +/- 2

Longitud extendido (mm): 470 +/- 4

Diámetro externo del tubo deposito (mm): 38

Cargas de amortiguación: En compresión a 0.1 m/ seg. = 265 +/- 52N

En compresión a 0.6 m/ seg. = 590 +/- 67N

En extensión a 0.1 m/ seg. = 482 +/- 78 N

En extensión a 0.6 m/ seg. = 1035 +/- 103 N

El producto especificado por el cliente corresponde con pequeñas modificaciones a la gama estándar de amortiguadores que la empresa fabrica y comercializa.

La figura 4.1.2. presenta el plano inicial del concepto de amortiguador especificado.

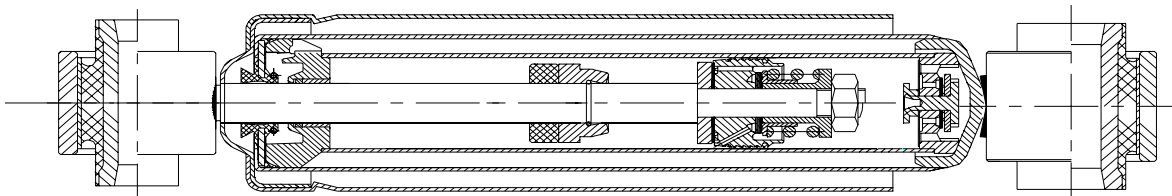


Fig. 4.1.2. Concepto inicial del amortiguador especificado

Entre los requerimientos del producto están los ensayos de validación, son los siguientes:

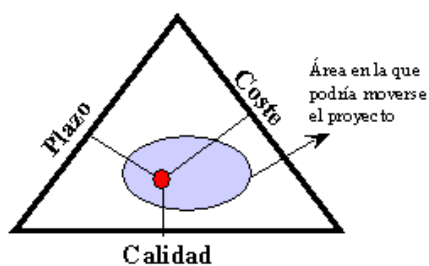
ENSAYO N°	DESCRIPCIÓN ENSAYO DE VALIDACIÓN
1	Ley de amortiguación hidráulica a temperatura ambiente
2	Cálculo del trabajo realizado durante el ciclo de amortiguación
3	Ley de amortiguación en frío y en caliente



ENSAYO Nº	DESCRIPCIÓN ENSAYO DE VALIDACIÓN
4	Funcionamiento hidráulico a temperaturas extremas
5	Funcionamiento hidráulico a frecuencias extremas
6	Funcionamiento hidráulico a velocidades extremas
7	Fricción del amortiguador
8	Medida de ruidos durante el ciclo de trabajo
9	Estanqueidad hidráulica del amortiguador
10	Estanqueidad hidráulica del amortiguador a -40° C y a 80° C
11	Estanqueidad del amortiguador para el gas
12	Resistencia a la corrosión
13	Ensayo de durabilidad
14	Ensayos de fatiga de los elementos de amarre

4.2. Definición de los objetivos del proyecto

Como en cualquier proyecto, el objetivo es siempre triple: Coste, Plazo y Calidad del resultado.



No basta con conseguir uno o dos objetivos, los tres tienen la misma importancia.

La figura representa como la asignación de recursos puede influir en la consecución particular de alguno de los objetivos.

Fig. 4.2. Objetivo triple del proyecto



Damos a continuación la definición de los objetivos para nuestro proyecto.

Objetivo de coste:

- Coste unitario máximo del amortiguador = 5,9 Euro
- Rentabilidad media neta del proyecto = 7%
- Cumplimiento de la inversión aprobada. Máximo plazo de recuperación = 3,5 años
- Mejora anual en coste (mejora continua en productividad y compras) = 2%

Objetivo de plazo, viene dados por el propio proyecto, es sin embargo crucial el revisar periódicamente y tomar acciones correctivas para los hitos importantes:

- Validación de los prototipos = 1- Abril- 2000
- Entrega de PPAP (*Production Parts Approval Process*) para aprobación = 7- Mayo- 2001
- Construcción de unidades piloto en producción = 3- Septiembre- 2001
- Arranque de producción = 5- Noviembre- 2001

Objetivo de calidad del resultado, consideramos aquí los parámetros relativos a la propia producción:

- RPPM (*Returned Parts Per Million*) en arranque de producción = 50
- FTQ (*First Time Quality*) = 10.000 PPM
- Vueltas de inventario en producción = 12
- Cumplimiento mínimo requerido de entregas = 99,5 %

4.3. Desarrollo del caso de negocio

Existe mucha bibliografía y también aplicaciones informáticas de cómo desarrollar un caso de negocio.

En el caso concreto de nuestro proyecto, la lista de conceptos que hemos aplicado para la realización del caso de negocio es:

- La vida del proyecto es de 6 años (sabemos que la vida del proyecto será mayor, pero asumimos 6 años por seguridad para nuestra empresa).
- El material del producto se considera 100% coste variable.



- El tipo de cambio de moneda lo da Finanzas.
- El coste del transporte de material y componentes es 6% del coste del material.
- El coste de la mano de obra depende del lugar de producción, Ingeniería Industrial suministra este dato.
- Consideramos gastos de manufactura a los propios que incurre la planta de producción: alquileres, electricidad, coste medio anual de la chatarra generada, coste del personal relacionado con la producción, ..
- La maquinaria y equipos son depreciados sobre la vida del proyecto.
- Los utillajes son amortizados máximo en tres años.
- Los gastos de operación son amortizados en un año.
- Los gastos comerciales son los gastos de: ventas, marketing, finanzas, gastos relacionados con aplicaciones informáticas, gastos administrativos de la planta de producción, ..

Los datos económicos del proyecto son:

COSTE MEDIO POR UNIDAD (Euro)		INVERSIÓN REQUERIDA (Euro x 1000)	
Material y Transporte:	3.61	Maquinaria y Equipos:	1361
Mano de obra directa y beneficios:	0.51	Utillajes:	306
Mano de obra indirecta y beneficios:	0.12	Utillajes refactorable:	0
Gastos asociados a manufactura:	0.36	Operaciones:	134
Inversión incremental:	0.20		
	4.80		1801
Total coste bruto en producción:	4.80	Total inversión:	1801
Ingeniería	0.40		
Comercial:	0.67		
	5.87		
Total coste operativo:	5.87		



Considerando que el precio de venta unitario del producto es de 6.50 Euro, el análisis financiero del proyecto es el siguiente:

Precio de venta unitario:	6.50 Euro	Impacto anual medio:	8,666 KEuro
Beneficio por unidad:	0.63 Euro	Beneficio anual medio:	840 KEuro
Valor Actual Neto:	4,139,811 Euro		
Rate of Return:	55.98%		
Payback descontado:	3.24 años		
Margen de beneficio:	10.7 %		

El proyecto es interesante a nivel de VAN y de tasa de retorno, el único punto que no es suficientemente atractivo es en relación con la inversión, la cual es elevada y produce un retorno del capital invertido superior a los tres años.

Los datos económicos son suficientemente buenos como para aceptar el proyecto.

Como norma general, podemos considerar aceptable un proyecto cuando el VAN es positivo, el retorno de la inversión es la mitad de la vida del proyecto y el margen de beneficio es de aproximadamente el 10%.

4.4. Identificación del lugar de producción

En el caso de nuestro proyecto, los parámetros para la elección del lugar de producción eran:

El cliente esta situado en Francia

Hay dos plantas en Europa con potencial de producción: Planta 1, situada en España

Planta 2, situada en Polonia

Distancia kilométrica similar lo que implica gastos de transporte e inventario comparables.

La ventaja definitiva es para Polonia debido al coste de la mano de obra, la cual es tres veces más barata que España.



Fig. 4. 4. Lugares de producción



Cuando no hay ventaja clara o evidente de un lugar frente a otro, lo más conveniente es hacer una tabla de ventajas frente a inconvenientes bajo valoración económica y estratégica para la empresa.

4.5. Iniciación del plan de proyecto

En este nivel del proyecto tenemos ya suficientes datos para definir y escribir en detalle el plan del proyecto.

El plan de proyecto es el documento que establece como se satisfarán los requerimientos expresados por el cliente y establecerá la programación del proyecto como línea base del mismo.

El plan de proyecto debe reflejar también la asignación y utilización eficaz de recursos a lo largo del proyecto.

El documento de iniciación del plan de proyecto es importante y a la vez muy simple de realizar, este documento debe responder a las siguientes preguntas: Que? Quien? Como? Cuando? y Cuanto?

En nuestro proyecto en este nivel lo teníamos suficientemente bien definido como para dar respuesta a cada una de las preguntas, el equipo del proyecto estaba definido y localizado de la siguiente manera:

EQUIPO DEL PROYECTO DE INTRODUCCIÓN DE LA SUSPENSIÓN TRASERA

FUNCIÓN	LOCALIZACIÓN	DEDICACIÓN
Director del Proyecto	París	100%
Líder del Proyecto	Polonia	100%
Responsable Comercial/ Comunicación Cliente	París	100%
Ingeniero de Producto/ contacto con Cliente	París	100%
Ingeniero de Producto para validación	Polonia	100%
Ingeniero de Proceso (dos ingenieros)	Polonia	100%



EQUIPO DEL PROYECTO DE INTRODUCCIÓN DE LA SUSPENSIÓN TRASERA

FUNCIÓN	LOCALIZACIÓN	DEDICACIÓN
Responsable de Compras Componentes	Polonia	50%
Responsable de Calidad, contacto con Cliente	París	50%
Responsable de Calidad en planta productiva	Polonia	50%
Responsable de PC&L en contacto con Cliente	París	25%
Responsable de PC&L en planta productiva	Polonia	25%

Debe tenerse también bien definido y concretado cuales son las tareas a realizar, cuando se realizarán y quien las realizará, toda esta información queda concretada en el diagrama de tiempos del proyecto.

Como herramienta utilizamos el diagrama de Gantt, usando la aplicación informática de Microsoft Project, tendremos paralelamente información sobre utilización y coste de los recursos.

En nuestro proyecto el diagrama de tiempos es el que muestran las dos siguientes figuras, hemos representado en rojo aquellas tareas que o bien dependen del cliente o bien el cliente espera alguna acción de nuestra parte.



La primera (figura 4.5.1) presenta las fechas de las diferentes tareas hasta completar la puesta en marcha de la maquinaria comprada para la producción.

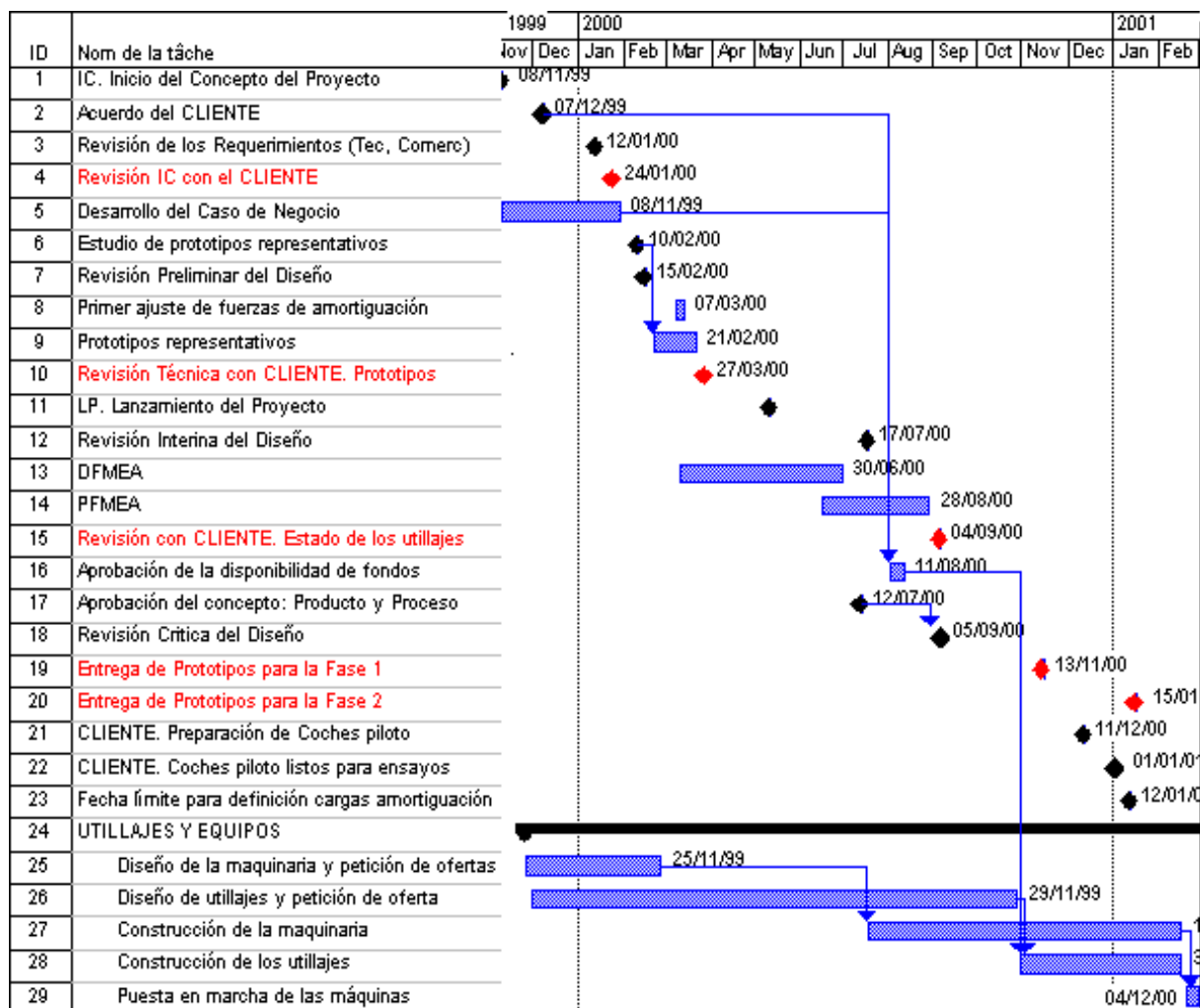


Fig. 4.5.1. Primer bloque del diagram de Gantt



Esta segunda porción del diagrama de tiempos muestra las actividades y tareas relativas a la compra de componentes, construcción y entregas de prototipos, construcción y entrega de PPAP, pre- series de vehículos en el cliente y finalmente las actividades de la planta de producción con el arranque en producción del proyecto.

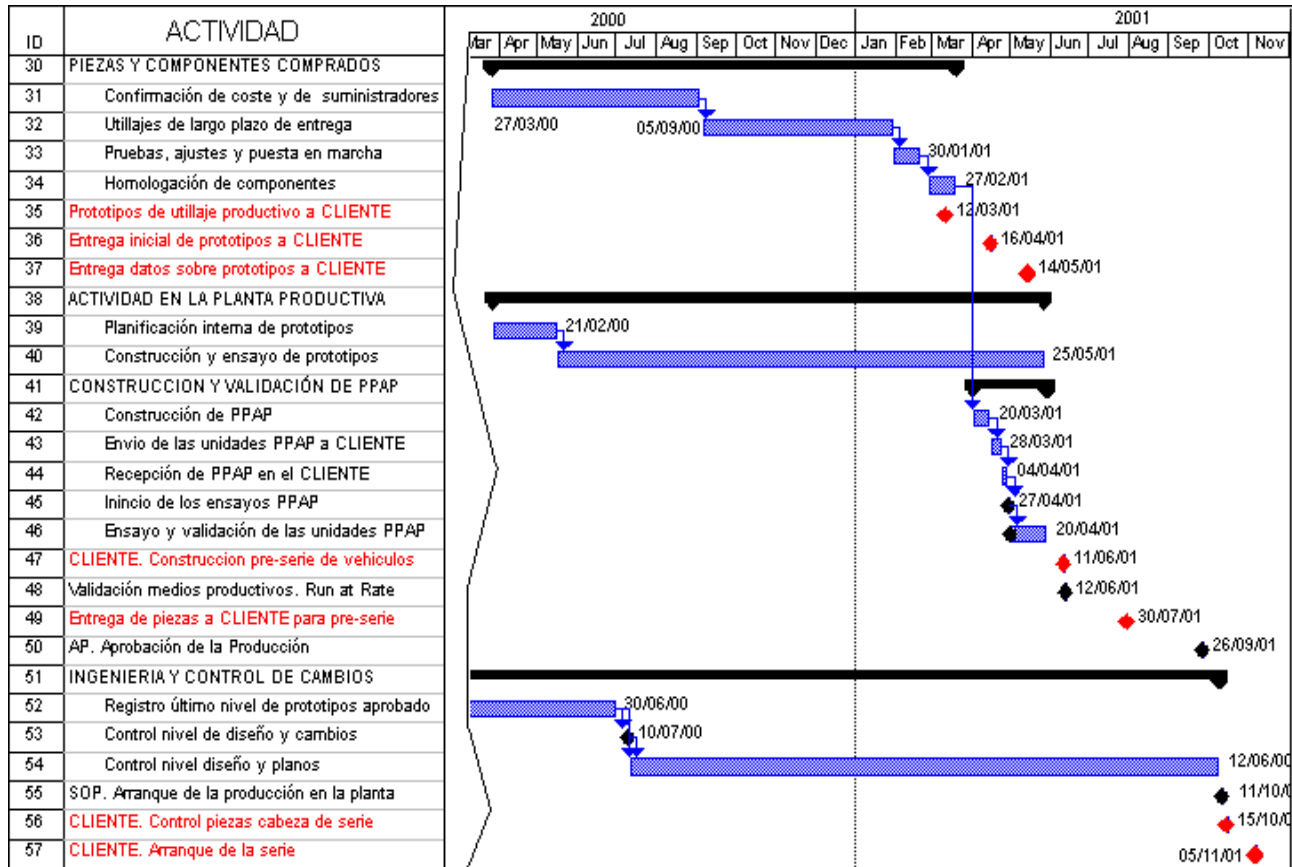


Fig. 4.5.2. Parte final del diagrama de Gantt

4.6. Identificación de alternativas al diseño y al proceso

Como norma general es conveniente estudiar si existen alternativas al diseño del producto y al proceso con el cual queremos fabricarlo.

En el proyecto de introducción de la suspensión trasera, en lo relativo al producto sólo se encontraron algunas mejoras como la sujeción del tope fijo del vástago.



En relación al proceso las variaciones que se introdujeron fueron fundamentalmente en el diseño de las máquinas a comprar las cuales se hicieron menos automatizadas y por tanto mucho más simples para el cambio de modelo y para su mantenimiento.

4.7. Identificación de alternativas a los componentes comprados

Dado que durante la ejecución de un proyecto de este tipo no es el momento para introducir y validar cambios en el diseño, el objeto de esta tarea es el reconsiderar en las piezas más caras del producto si es conveniente comprarlas o fabricarlas internamente.

Este sencillo ejercicio con frecuencia revela posibilidades de ahorro y facilita la implantación de estrategias futuras.

La figura 4.7 representa los bloques fundamentales del amortiguador trasero.

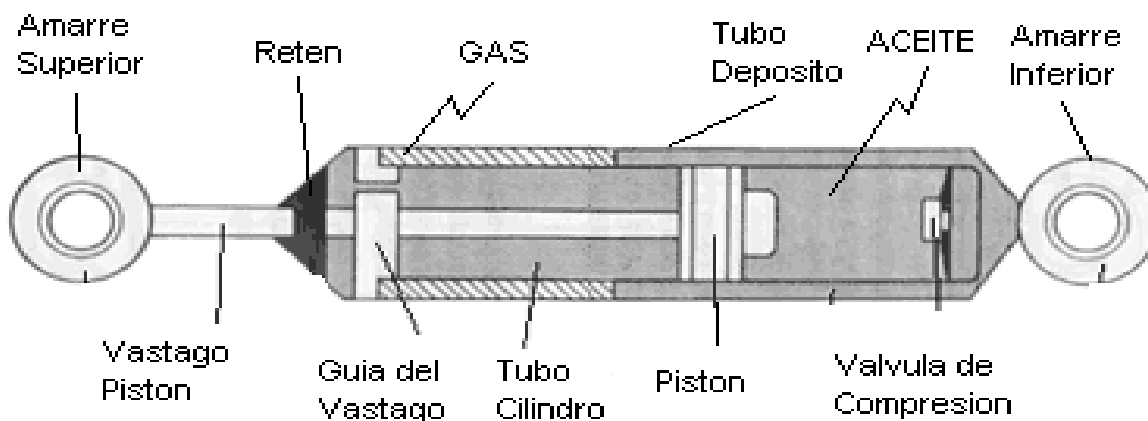


Fig. 4.7. Representación esquemática del amortiguador trasero

En nuestro proyecto del amortiguador trasero las conclusiones de este ejercicio fueron:

ELEMENTO DEL AMORTIGUADOR	COMPRA ó FABRICACIÓN INTERNA
Amarres (superior e inferior)	Compra de amarre y casquillo de caucho
Conjunto vástago- pistón	Fabricación interna (materia prima comprada)
Elemento Reten	Compra externa



Guía del Vástago	Compra externa (Pieza sinterizada)
Tubos depósito y cilindro	Fabricación interna (materia prima comprada)
Pistón y Válvula de compresión	Ensamblaje interno. Sinterizado comprado

4.8. Revisión de la fase ‘Lanzamiento del Proyecto’ . Entregables LP

En cualquier proyecto es recomendable no pasar a la fase siguiente sin haber cerrado la fase anterior.

Cerrar una fase significa que todas las tareas han sido cumplimentadas exitosamente o bien que aunque quedan tareas pendientes están bajo control y tienen un responsable y una fecha de terminación.

En cualquier caso es siempre la dirección de la empresa quien debe aprobar el cierre de cualquier fase.

Estas son las preguntas que el equipo de proyecto debe responder antes de decidir si debe pasar a la fase siguiente:

- Está el producto adecuada y suficientemente definido ?
- Con los medios técnicos que la organización dispone (o dispondrá) , ¿ pueden cumplirse las especificaciones del producto ?
- Los procesos existentes o diseñados para el proyecto serán capaces, $Cpk > 1,3$?
- Son los procesos capaces para productos similares actualmente en producción ?
- Se ha comprobado y es suficiente la capacidad de producción existente y prevista ?
- Permite el diseño del producto el uso eficiente de los sistemas de manejo de materiales?

Si en alguna de las preguntas la respuesta es ‘no’ en tal caso debe tenerse un plan de acción alternativo.

Es en este momento del proyecto cuando debe tomarse la decisión de parar o de continuar y en tal caso someter nuestra oferta al cliente.

Los documentos entregables de cualquier fase corresponden a la información recabada y obtenida como consecuencia de la realización de las diferentes tareas.

Adjuntamos la tabla que resume las características clave del proyecto y su evolución.



Es esta la información que debe revisarse en cualquier salida y aprobación de fase, contiene la información clave del proyecto.

REVISIÓN Y SALIDA DE LA FASE: LP						
TABLA DE EVOLUCIÓN DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO						
DESCRIPCION	Valor Benchmark	Objetivos del Cliente	REVISIONES DEL PROYECTO			
			IC	LP	AP	CT
Fecha			08-Nov-99	04-May-00		
Máquinas y Equipos (Euro) :			1,361,000	1,361,000		
Utillajes (Euro) :			306,000	306,000		
Operaciones (Euro) :			134,000	134,000		
Total (Euro) :			1,801,000	1,801,000		
Financieros del Proyecto						
Precio de Venta (Euro) :		6.25	6.25	6.25		
Coste Unitario (Euro) :			5.78	5.78		
EBIT :			0.47	0.47		
EBIT % :			7.52%	7.52%		
IRR % :			37.81%	37.81%		
Retorno Inversión (años) :			4	3.75		
Volumen Medio (unidades) :			549,000	549,000		
Performance						
Ensayo de durabilidad	Especificación Cliente		NOK	NOK		
Test de Baja Temperatura	Especificación Cliente		NOK	NOK		
Test de Fricción	20N	20N	35N	35N		
Tolerancias de la Carga de Gas	+/-10N	+/-10N	+/-10N	+/-10N		
Tolerancias de las fuerzas	8%	8%	12%	12%		
Calidad/ Fiabilidad						
Previsión de RPPM en SORP :		0	50	50		
Fiabilidad. Objetivo de IPTV :		0	2,2	2,2		
Calidad. Objetivo DPM :			4641	4641		
Reclamaciones abiertas, T.I.R. :			N/A	N/A		
Otros :			36PPR	36PPR		
Timing						
Fecha de Validación de Prototipos :		01-Apr-01	01-Apr-01	01-Apr-01		
Fecha de PPAP :		07-May-01	16-Apr-01	16-Apr-01		
Fecha de construcción de pilotos :		03-Sep-01	03-Sep-01	03-Sep-01		
Arranque de Producción interno :		05-Nov-01	05-Nov-01	05-Nov-01		
Arranque de producción en Cliente :		16-Nov-01	16-Nov-01	16-Nov-01		

Tabla. 4.8. Cuadro de revisión del proyecto. Fase LP

Obsérvese como la tabla adjunta contiene la información relativa a los objetivos del proyecto: coste, plazo y calidad. Objetivos que previamente habíamos definido en el apartado 4.2 de la página 14.



5. Fase de Ejecución del proyecto

La fase de Ejecución es la más larga de cualquier proyecto, es por ello que en general se acostumbra a dividir en cuatro sub- fases.

Dado el carácter didáctico del presente trabajo, hemos decido considerarla como una sola fase, incluyendo un 'entregable' (RD, Revisión del Diseño) en mitad de la fase de Ejecución.

5.1. Diseño inicial del producto y del proceso

Con objeto de explicar la tarea del diseño del producto y del proceso, hagamos de nuevo referencia a la figura 4.7 (página 22)

En un producto cuya tecnología es conocida en general el departamento de Ingeniería de Producto no tiene grandes problemas para realizar el ajuste en el diseño que satisfaga los requerimientos del cliente.

Es en general más crítico (o difícil) el conseguir que los departamentos de Ingeniería de Producto y de Proceso trabajen conjuntamente para conseguir un diseño barato y carente de problemas de manufactura.

El proceso de fabricación de este producto consta de:

- Fabricación y ensamblaje del conjunto vástago- pistón
- Ensamblaje del conjunto de la guía del vástago.
- Fabricación del conjunto del tubo depósito
- Ensamblaje de la válvula de compresión
- Ensamblaje, prueba funcional y pintura del amortiguador completo.
- Empaquetado y expedición

5.2. Oferta al cliente

En general en este estado del proyecto se conocen cuales son las expectativas del cliente a nivel comercial, cual es el precio de mercado del producto a ofertar y también cual es la posición de la competencia.



El diagrama de flujo adjunto explica el proceso interno de análisis, tareas y documentación generada durante el estudio de emisión de oferta al cliente.

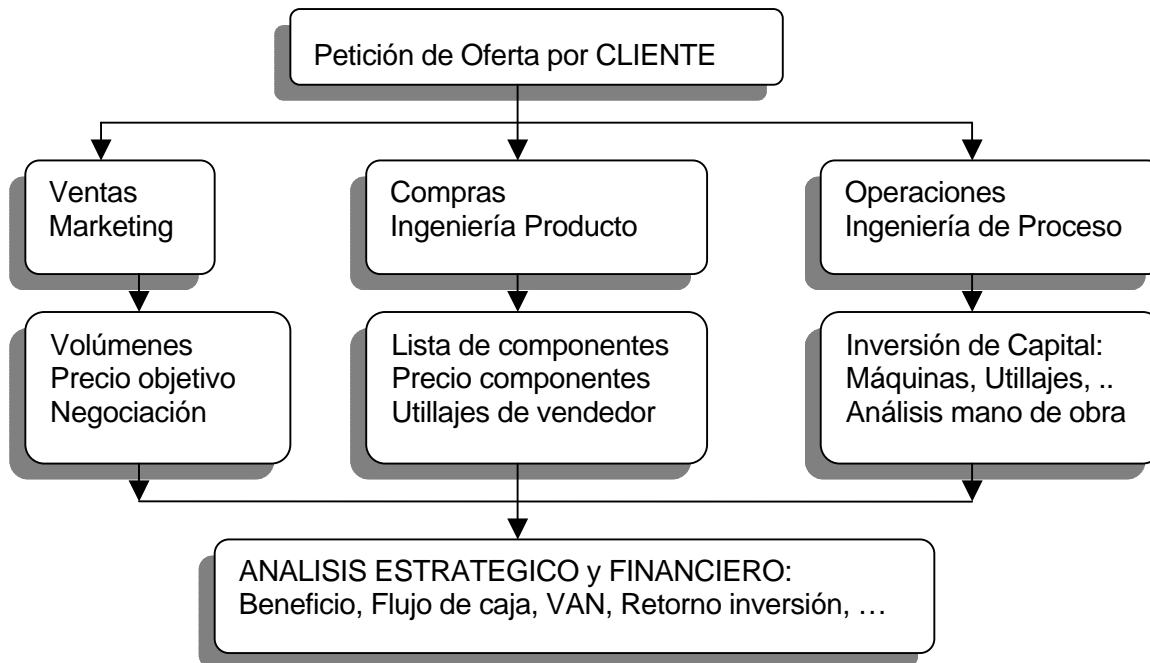


Fig. 5.2.1. Análisis interno de la oferta al cliente

Aunque finalmente es el departamento de Ventas o Marketing quien entrega y negocia la oferta con el cliente, es un equipo multidisciplinar quien debe elaborar la oferta y llegar a la proposición del precio de venta. Este equipo debe comprobar también que el precio de venta propuesto es técnicamente razonable y que nuestra empresa hará beneficio.

Es imprescindible tener los datos de entrada muy claros y a ser posible confirmados por escrito: volúmenes anuales del negocio, prediseño del producto (discutido con el cliente), lista de componentes comprados, oferta de nuestros proveedores habituales de materiales y maquinaria,

No es por tanto arriesgado el someter la oferta definitiva al cliente, en nuestro proyecto los parámetros a nivel de oferta eran los siguientes:



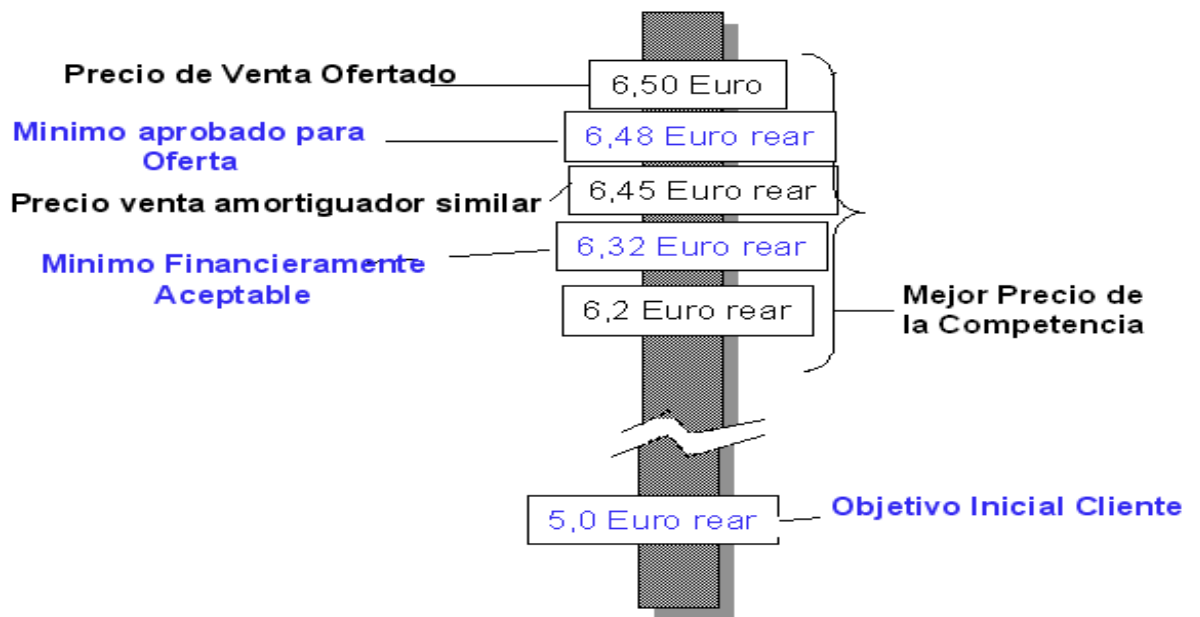


Fig. 5.2.2. Criterios a comparar antes de emitir la oferta al cliente

En nuestro proyecto, el producto se ofertó a 6.50 Euro, fue aceptado debido a razones de carácter técnico y también considerando (y convenciendo) que el objetivo inicial del cliente no era realista.



5.3. Fondos requeridos para el proyecto

Independientemente de cual sea la naturaleza del proyecto, siempre podemos dividir los fondos requeridos en tres categorías:

- Inversiones de capital que se amortizarán a largo plazo (usualmente 10 años aunque depende de la legislación de cada país). Corresponden a utilidades, maquinaria, modernización o actualización de equipos.
- Inversiones de utillajes sean de proveedores o internos requeridos por la propia fabricación. Usualmente el utillaje se amortiza en tres años (también puede depender de la legislación del país).
- Inversiones que corresponden a operaciones y que son generadas por el desarrollo del proyecto mismo. Estas inversiones se amortizan en un año.

En nuestro proyecto, la definición de las inversiones necesarias fue fácil pues hubo que invertir solamente en maquinaria, utillajes y como siempre ocurre en gastos de operación.

Las inversiones realizadas en este proyecto fueron:

Maquinaria y Equipos:	1.361.000 Euro	→ Amortizable en 10 años
Utillajes:	306.000 Euro	→ Amortizable en 3 años
Operaciones:	134.000 Euro	→ Amortizable en 1 años
Total inversión:	1.801.000 Euro	



5.4. DFMEA y PFMEA

Ambos términos se aplican a prevenir las ocurrencias de defectos en la calidad del producto y que pudieran ser debidas a deficiencias en el diseño (DFMEA) o a deficiencias en el proceso (PFMEA).

El procedimiento analítico es el mismo para ambos si bien los equipos que deben hacer el estudio serán diferentes dependiendo que sea producto o proceso.

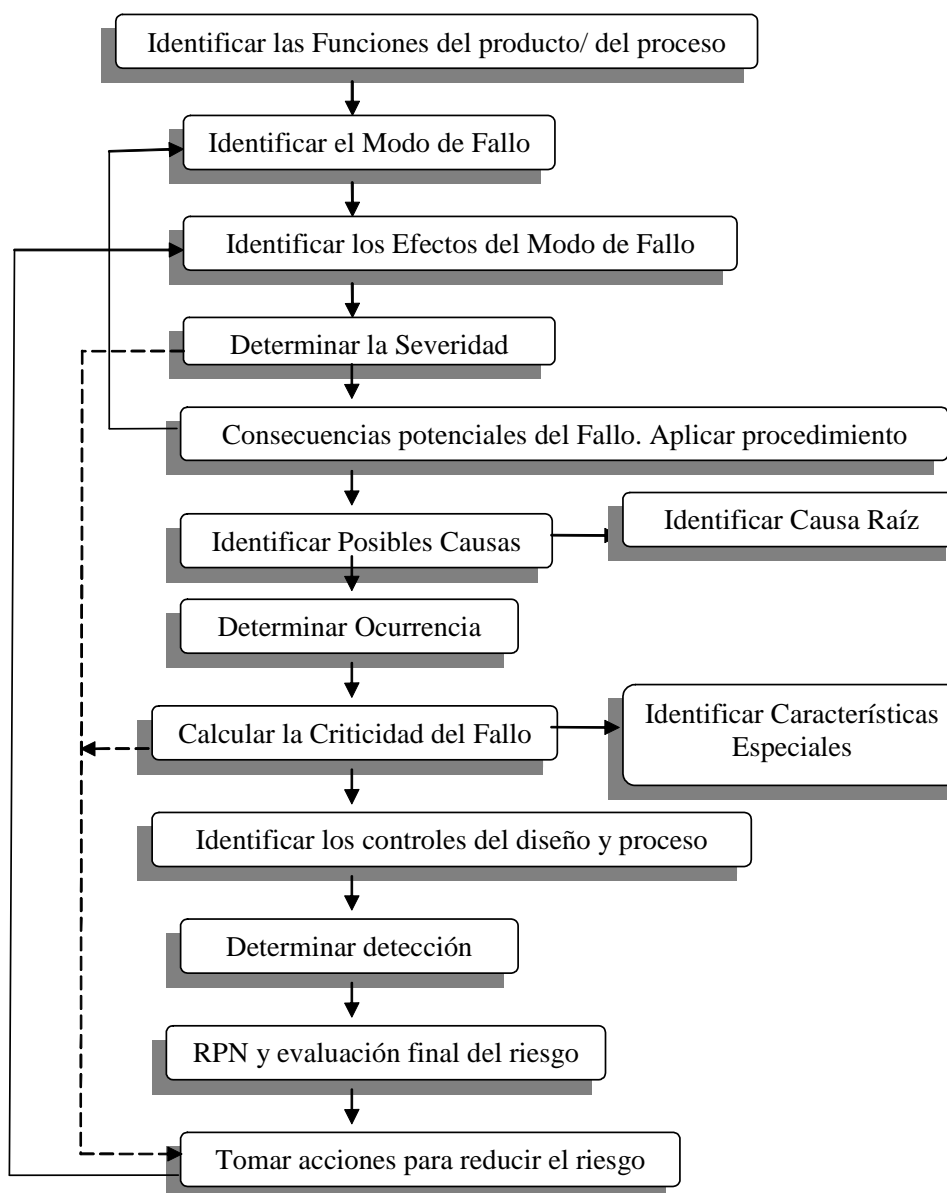


Fig. 5.4.1. Diagrama de flujo del análisis del FMEA



5.5. Plan de compras de componentes

Como es evidente, el proyecto que nos ocupa forma parte del conjunto de la empresa la cual tiene su base de proveedores y en general los contratos de compras establecidos a largo plazo.

Es por tanto evidente que el nuevo proyecto sólo hará variar precios cuando los volúmenes de producción sean significativos para los proveedores.

En el proyecto de introducción de la amortiguación trasera se consiguieron los objetivos de coste de los componentes, analizando los componentes más caros el resultado fue:

COMPONENTE	SUMINISTRADOR	PAIS
Barras de acero para el vástago	CSAVAR	Hungría
Barras de tubos (dos diámetros)	ACERINOX	España
Elementos sinterizados	Sintermetal	España
Discos deflectivos	Saxonia	Alemania
Aceite hidráulico	CEPSA	España

5.6. Plan de ensayos y validación del producto

Aunque la tecnología del amortiguador hidráulico trasero es perfectamente conocida, es siempre mandatorio el hacer un plan completo de validación del producto adaptado a los requerimientos específicos del cliente.

En nuestro proyecto de desarrollo e introducción en producción de la suspensión trasera fue el cliente quien especificó los ensayos a realizar y también cuales debían ser los criterios de aceptación a utilizar.

Como es habitual es después de varias reuniones y discusiones técnicas cuando el plan de ensayos queda perfectamente definido y acordado entre cliente y proveedor.

Los ensayos requeridos en nuestro proyecto fueron:

1. Ley de amortiguación hidráulica a temperatura ambiente
2. Cálculo del trabajo realizado durante el ciclo de amortiguación



3. Ley de amortiguación en frío y en caliente
4. Funcionamiento hidráulico a temperaturas extremas
5. Funcionamiento hidráulico a frecuencias extremas
6. Funcionamiento hidráulico a velocidades extremas
7. Fricción del amortiguador
8. Medida de ruidos durante el ciclo de trabajo
9. Estanqueidad hidráulica del amortiguador
10. Estanqueidad hidráulica del amortiguador a -40°C y a 80°C
11. Estanqueidad del amortiguador para el gas
12. Resistencia a la corrosión
13. Ensayo de durabilidad
14. Ensayos de fatiga de los elementos de amarre

5.7. Compra del equipo y de la maquinaria de largo plazo

Esta tarea es en general uno de los momentos críticos de cualquier proyecto, y es debido a que la compra de los equipos representa la mayor porción en la inversión para el proyecto y cada vez más el dinero es más escaso en las organizaciones industriales del sector de componentes para el automóvil.

Antes de definir cuales son los equipos que deben comprarse para acometer la producción debe tenerse muy bien documentado:

- El proceso a implementar con claros objetivos de cuales son los valores de calidad y de productividad. El plan de manufactura debe estar definido.
- Cual es la capacidad de producción disponible en la planta de producción. Nadie aceptará el comprar nueva maquinaria si existe capacidad de producción en tres turnos y seis (ó siete) días por semana.
- Demostrar que es imprescindible acometer la producción interna de la pieza o componente. Imprescindible significa que el subcontratar no es posible ó es más caro ó no es fiable a nivel de calidad.



En nuestro proyecto, nos encontramos que la inversión fue muy elevada, estaba en el límite de hacer inviable económicamente el proyecto con un retorno de la inversión de 3,5 años.

La explicación de esta alta inversión es que la planta elegida para la producción del amortiguador trasero no tenía suficiente capacidad para producir el conjunto vástago- pistón, el conjunto tubo depósito y el ensamblaje final del amortiguador.

La figura 5.7. presenta la línea de ensamble del tubo depósito comprada.

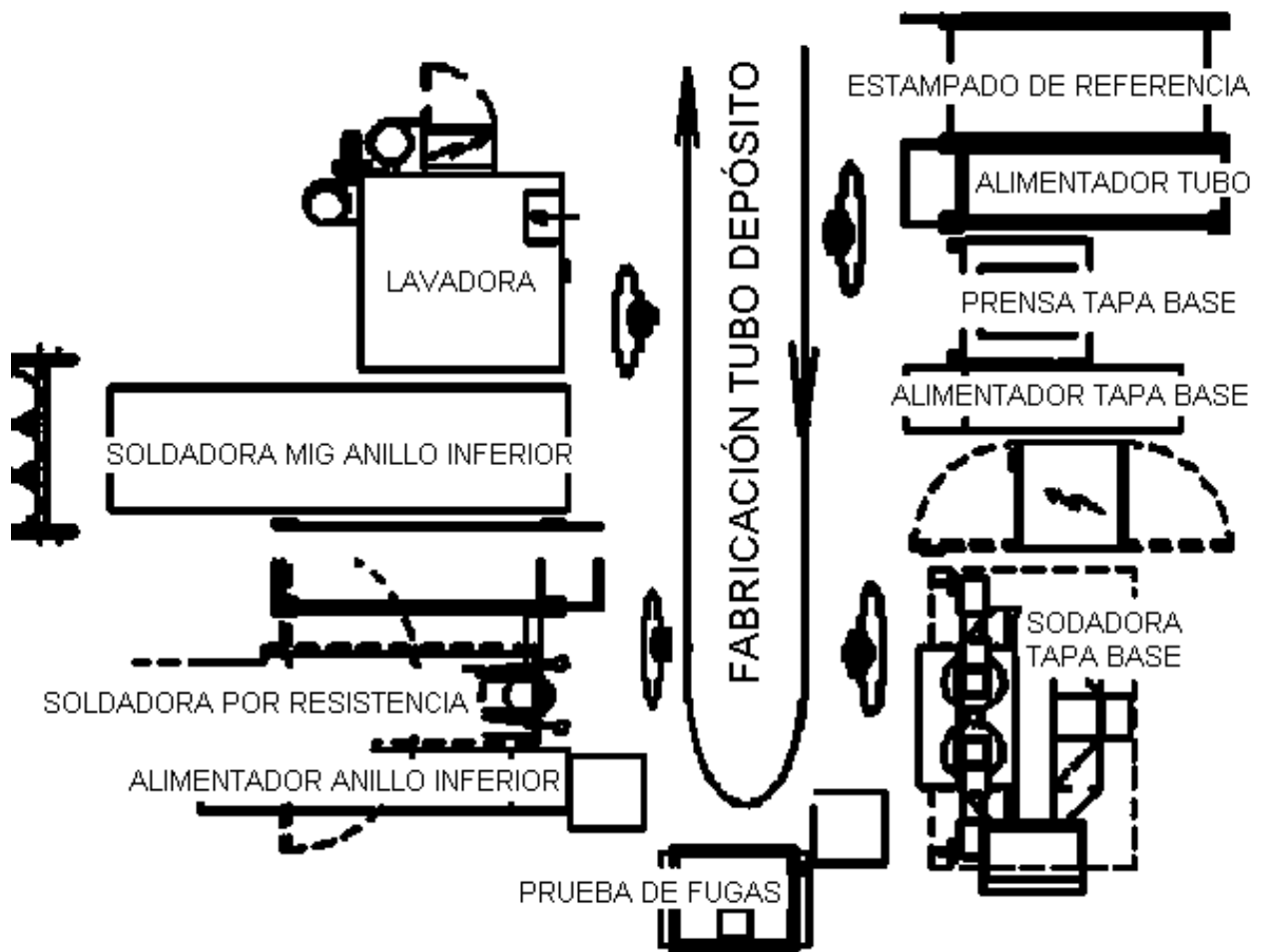


Fig. 5.7. Línea de fabricación del conjunto tubo depósito



5.8. Plan de calidad del proyecto

Nuestra sugerencia es diseñar el plan de calidad basado en la metodología del Six Sigma.

Nuestro plan de control de calidad esta basado en cuatro pilares:

- El desarrollo del APQP en cuatro diferentes fases a lo largo del proyecto:
 1. La primera planificando y definiendo cuales son las necesidades y expectativas del cliente y adaptando nuestro diseño de producto y de proceso al cumplimiento de las mismas.
 2. La segunda fase consiste en controlar el diseño y desarrollo del producto y del proceso con la ayuda de las herramientas DFMEA y PFMEA. También en este punto deben revisarse, actualizar y aprobar si necesario las especificaciones de los materiales.
 3. La tercera fase en la implementación del plan de calidad consiste en revisar y validar lo realizado en las fases anteriores en el proceso real de producción con los equipos y los operarios que posteriormente trabajarán en las líneas de producción. Es este un buen momento para comprobar la calidad del entrenamiento realizado a los operarios.
 4. La cuarta y última fase consiste en establecer las bases de la mejora continua.
- La correcta realización del DFMEA y del PFMEA, comprobando que han sido realizados por un equipo multi funcional, que contempla todas las posibilidades y no se olvida de estudiar y estandarizar las reoperaciones, el etiquetado, el empaquetado, ..
- Los planes de control escritos y puestos en los medios de producción, comprobando que son inteligibles, que utilizan la gestión visual, que incluyen todas las posibilidades de error que han sido detectadas en el PFMEA.
- El entrenamiento a los operarios y la estandarización de su trabajo



5.9. Definición del plan de manufactura

Cuando acometemos la tarea de definir el plan de manufactura está claro que ya conocemos cual será el proceso, lo que en esta tarea implementamos son las herramientas que nos permitirán movernos dentro de los parámetros objetivo en la producción de nuestro componente o sistema.

El sistema productivo de nuestro amortiguador debe estar definido a todos los niveles: calidad, producción, logística, ingeniería, seguridad.

En este apartado nos referiremos únicamente a las herramientas implantadas por nuestro proyecto y que son relativas a producción.

La realización de un proyecto será tan buena como lo sea la definición, la concreción y el detalle de las operaciones de manufactura del producto que se trate.

La mínima documentación de manufactura que el proyecto debe generar es:

- Ingeniería- Las instrucciones generales relativas al producto, proceso y máquinas.
Instrucciones de Mantenimiento y TPM (*Total Preventive Maintenance*)
- Calidad- Plan de Control de Calidad
- Producción- Hoja de operaciones estandarizadas
Instrucciones de trabajo
Entrenamiento de los operarios y registro del mismo
- PC&L- Instrucciones de manejo de materiales
Instrucciones de etiquetado
Instrucciones de Empaquetado

En las páginas siguientes damos tres ejemplos concretos de la documentación que generó nuestro proyecto: hoja de operaciones estandarizadas, instrucciones de trabajo e instrucciones de empaquetado.



5.9.1. Operación estandarizada

La instrucción de 'operación estandarizada' define en detalle el proceso concreto de que se trate. Un proceso es el conjunto de actividades realizadas por el personal requerido utilizando las máquinas y materiales especificados y cuyo resultado es el producto final.

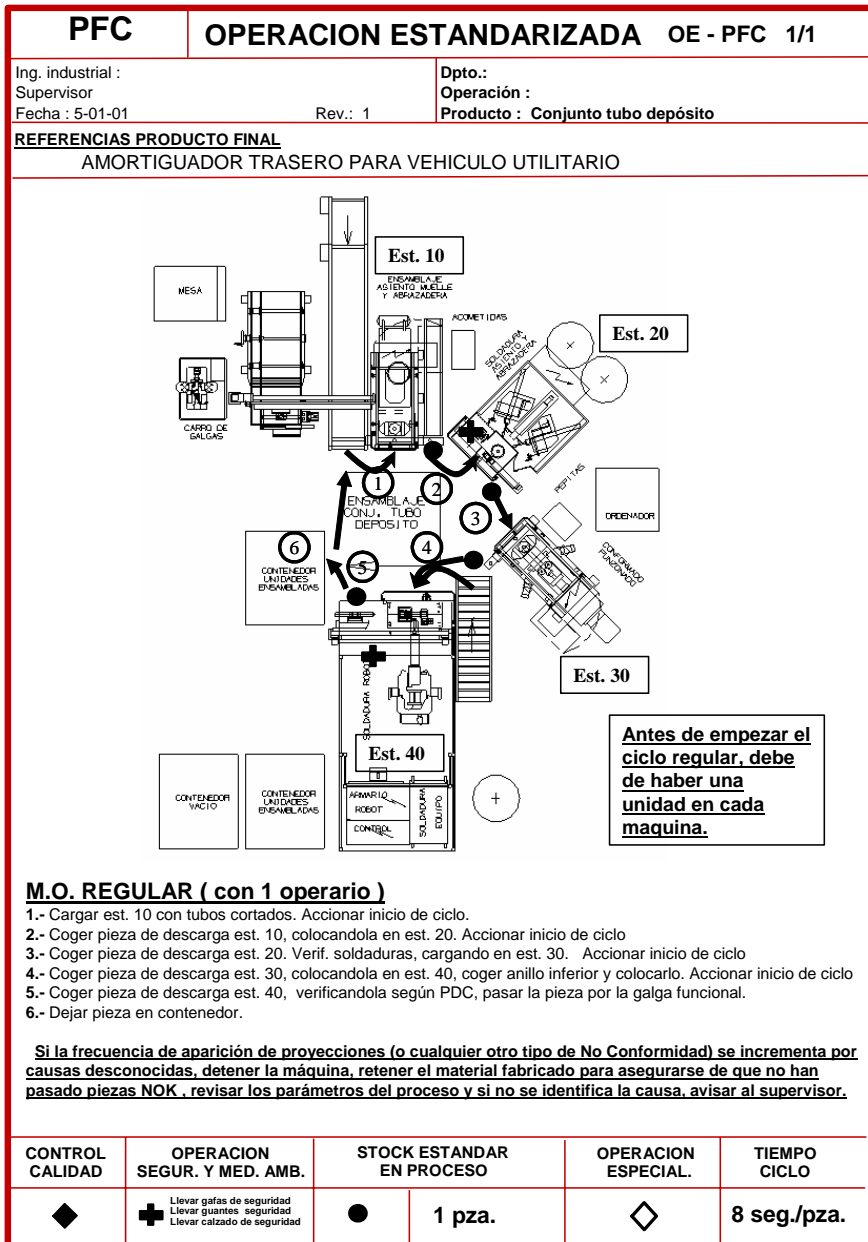


Fig. 5.9.1. Operación estandarizada del conjunto tubo depósito



5.9.2. Instrucción de trabajo

PFC	INSTRUCCIONES DE TRABAJO IT - PFC 1/1	
Ing. industrial : Supervisor de fabricación: Fecha : 5-01-01	Superv. Gral. : Rev.: 1	Dpto.: Conj. Tubo Deposito (1 Operario) Operación : Ensamblaje Conjunto Tubo Depósito Producto : Conjunto tubo depósito
<u>LISTA DE REFERENCIAS</u> AMORTIGUADOR TRASERO PARA VEHICULO UTILITARIO		
<u>GENERALIDADES :</u>		
<ul style="list-style-type: none"> - No trabaje en este puesto si no ha recibido o no ha entendido las instrucciones necesarias para hacerlo. - Ante cualquier duda que tenga, consulte con su Supervisor o en su ausencia con quien lo represente. - Es su responsabilidad producir todas las piezas dentro de "ESPECIFICACION", según Hoja de Procesos. - Verifique el primer lote de piezas después de haber puesto en marcha la máquina y después de cada cambio (incluso de herramientas). Continúe verificando según el Plan de Calidad aplicable - Coloque la identificación a los contenedores con la primera pieza. - Las piezas No Conformes o sospechosas deben ser depositadas de forma ordenada, clasificadas e identificadas correctamente en los recipientes dispuesto para ello - Es su responsabilidad mantener limpio y ordenado su puesto de trabajo, máquina, galgas, utillajes, cajas, suelo, ... Realice la parte que le corresponda del Plan de Limpieza aplicable. - Observe siempre las normas de Seguridad/Higiene de su puesto de trabajo. - Use continuamente las gafas y el calzado de seguridad. - El concepto de CELULA DE TRABAJO, supone que se trabaja en equipo en su más amplio significado: Todos los operarios que forman parte del Equipo deben colaborar a obtener la producción con la calidad requerida y para ello no se deben limitar a realizar las tareas propias del puesto que ocupen en cada momento; además deben SINCRONIZAR el trabajo con los compañeros y acudir diligentes a AYUDAR cuando sea solicitado o por propia iniciativa cuando se crea conveniente. 		
<u>INICIO DE TURNO O CAMBIO :</u>		
<ul style="list-style-type: none"> -Verificar el estado de orden y limpieza de su puesto de trabajo y su entorno. En caso necesario proceder a su limpieza y comunicar a su supervisor situaciones anómalas. - Comprobar parámetros (PDC), rellenar y firmar hoja de registro - Identificar los productos a procesar, comprobar que los componentes y utillajes son adecuados 		
<u>TRABAJO REGULAR :</u>		
<u>OPERARIO A</u>		
<ol style="list-style-type: none"> 1.- Cargar est. 10 con tubos cortados. Accionar inicio de ciclo. 2.- Coger pieza de descarga est. 10, colocandola en est. 20. Accionar inicio de ciclo 3.- Coger pieza de descarga est. 20. Verif. soldaduras, cargando en est. 30. Accionar inicio de ciclo 4.- Coger pieza de descarga est. 30, colocandola en est. 40, coger estabilizador y colocarlo. Accionar inicio de ciclo 5.- Coger pieza de descarga est. 40, verificandola según PDC, quitar proyec., pasar la pieza por la galga funcional. 6.- Dejar pieza en contenedor. 		
<p><u>Si la frecuencia de aparición de proyecciones (o cualquier otro tipo de No Conformidad) se incrementa por causas desconocidas, detener la máquina, retener el material fabricado para asegurarse de que no han pasado piezas NOK , revisar los parámetros del proceso y si no se identifica la causa, avisar al supervisor.</u></p>		
<u>IRREGULARES :</u>		
<ul style="list-style-type: none"> - Se deben resolver todas las situaciones que se presenten y que se pueda con los medios disponibles. - Las operaciones de retrabajo se realizarán de acuerdo con la Instrucción de Trabajo IT. Consultar en caso de duda. 		
<u>FINAL DE TURNO :</u>		
<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza de máquina y zona de trabajo. 		
<u>TAREAS ALTERNATIVAS CON MAQUINA PARADA :</u>		
<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza de máquina y zona de trabajo. - Tirar la chatarra. 		
<u>INSTRUCCIONES DE CAMBIO DE MODELO :</u>		

Fig. 5.9.2. Instrucción de trabajo del conjunto tubo depósito



5.9.3. Instrucción de empaquetado

Instrucciones de Empaquetado		<u>Empaquetado tubos cerrados</u>			
Cambio nº	Fecha	Ing. Industrial	Ing. Calidad	Area:	Nº: Página: 1 of 1
0	27/09/02			Linea :	Equipo nº:
				Operación :	Tubos cerrados Pieza nº:

Referencias	
	800 pzas
	770 kg./kit
Total kit :	1200 mm. ancho
	1000 mm. largo
	950 mm. alto
Unitario :	0,744 kg./pieza

Desglose del Empaquetado.		
Componente	Referencia	Multiplo
Contenedor Jumbo		1

Fotografía pieza y contenedor completo.

Fig. 5.9.3. Instrucción de empaquetado del conjunto tubo depósito

El presente ejemplo corresponde a una instrucción de un almacenamiento intermedio.

El formato del empaquetado final del producto es similar si bien tiene varias operaciones e informaciones adicionales como son el etiquetado y posibles operaciones de chequeo que pueden ser temporales fruto de un plan de contención.



5.10. Diseño y proceso validados y aprobados por el cliente

En este punto tanto el producto como el proceso debemos tenerlo inicialmente validado.

La figura 5.10.1. presenta el diseño final del amortiguador, ya inicialmente validado mediante los ensayos de laboratorio y de coche en circuito y carretera.

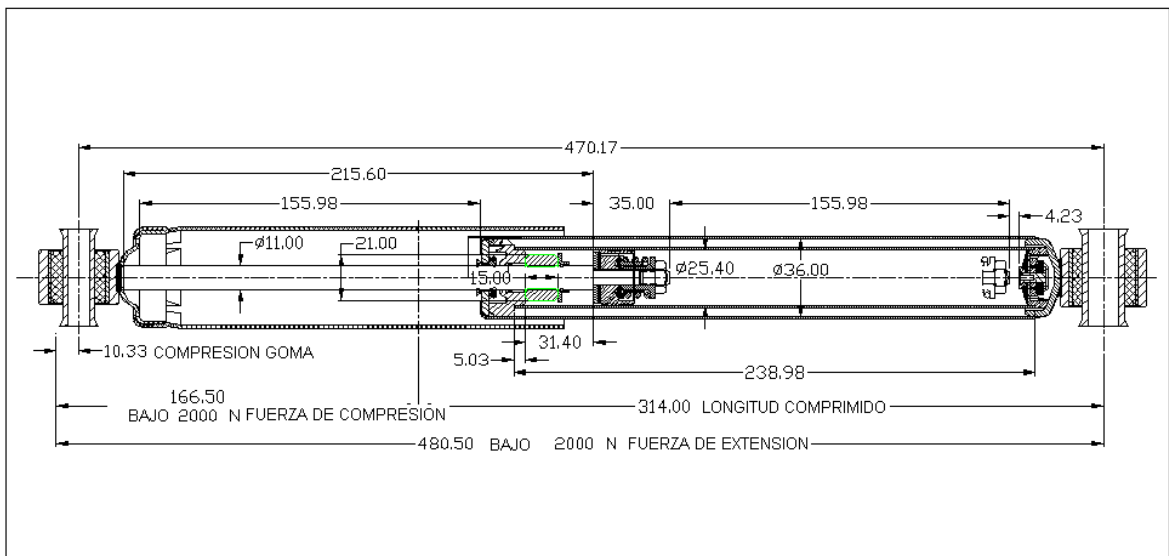


Fig. 5.10.1. Diseño final y validado del amortiguador

Evidentemente la validación de un producto comprende los ensayos tanto a nivel de laboratorio como en el vehículo rodando por circuitos cerrados y finalmente por carreteras.

La validación del producto en laboratorio es realmente cara, precisando de máquinas complejas y de personal técnicamente muy especializado.



En lo relativo al proceso, también en este punto lo tenemos establecido y conocemos los parámetros de eficiencia, calidad y productividad en los que debe moverse.

Para cada una de las fabricaciones internas, Ingeniería de Proceso deberá tener desarrollado el PFD (*Process Flow Diagram*), este diagrama de flujo permite comprender el proceso de fabricación de cada uno de los componentes.

Operación N°	Fabricación	Movimiento	Almacenamiento	Inspección	Retrabajo	Chatarra/Contención	Cambio Modelo	Descripción de la Operación	Class (KPC, OCC)	Características significativas que se quieren lograr en esta fase del proceso	Class (KCC, OCC)	Características significativas del producto
	◆	●	△	■	◆	●						
PFD (Process Flow Diagram) CONJUNTO TUBO DEPOSITO												
								Almacenamiento del tubo cortado				
								Mover el tubo cortado a máquina de estampado de la referencia				
T010	◆	●						Estampado de la referencia				
								Inspección manual de la referencia estampada (acorde al PCP)				
								Rechazo de las piezas mal estampadas				
								Mover tubo estampado a la prensa de la tapa base.				
T020	◆	●						Soldadura por resistencia de la tapa base al tubo depósito				
								Mover a maquina soldadora por resistencia del anillo inferior				
T030	◆	●						Soldadura por resistencia del anillo inferior				
								Inspección manual de la calidad de las soldaduras por resistencia.				
								Mover tubos soldados por resistencia a maquina soldadora MIG				
T040	◆	●						Soldadura MIG del anillo inferior				
								Inspeccion final del conjunto tubo deposito				
								Rechazo de los conjunto tubo defectuosos				
								Mover conjuntos tubo depósito a lavadora				
T050	◆	●						Lavado del conjunto tubo deposito				
								Mover conjuntos tubo a almacenamiento intermedio				
								Almacenamiento intermedio Kamban para siguiente linea de ensamble				

Fig. 5.10.2. Diagrama de flujo del proceso de fabricación del conjunto Tubo Depósito



5.11. PC&L terminado y aprobado por el cliente

En términos de control de producción y logística, nuestro proyecto no es particularmente difícil.

Los términos de entrega y suministro están claros desde el principio, en nuestro proyecto la fabricación del producto se realiza en Polonia y el cliente está en Paris.

La negociación y el acuerdo fue que el cliente paga el producto y es dueño del mismo una vez que abandona la planta de producción. A partir de este momento nuestra empresa factura el producto y no tiene ninguna responsabilidad sobre el transporte.

Esta negociación fue muy conveniente para nosotros y ayudó el que la empresa que transportaría el producto terminado desde Polonia a Paris pertenece al grupo de empresas del cliente.

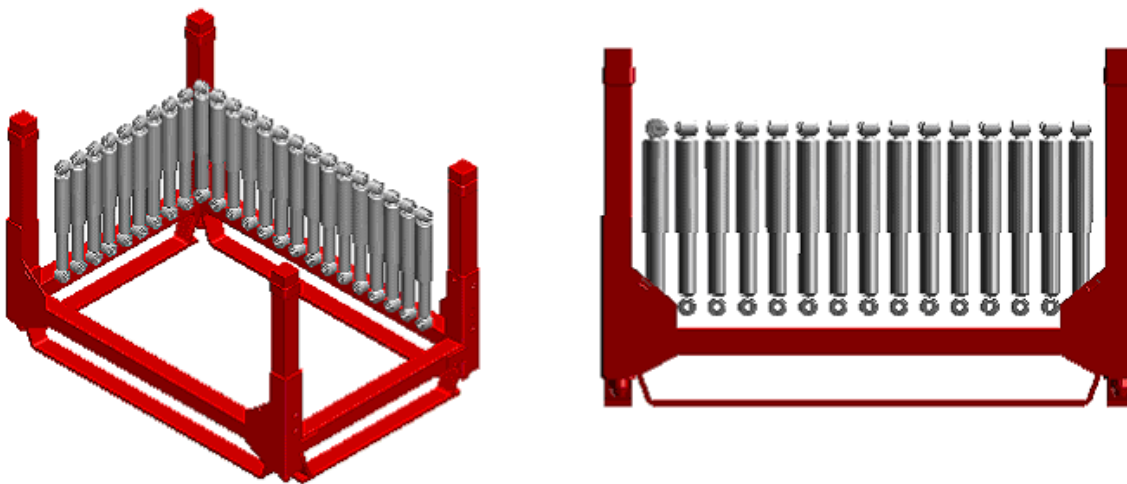
En términos de PC&L sólo quedaba por definir los elementos del transporte.

Los elementos para el diseño del transporte y suministro del producto son:

- Volumen máximo anual (año 2005) = 1.700.000 unidades
- Unidades por día requeridas en el cliente = $1.700.000 / 238 = 7.142$ udes. por día
- Peso por unidad = 1.200 gramos
- Máximo numero de unidades a enviar en un camión = $20.000 / 1,2 = 16.500$

Se requiere el envío de tres camiones por semana y el empaquetado lo haremos en contenedores retornables cuyo diseño se adjunta en la figura 5.11.





Capacidad = 150 piezas
 Apilable a tres alturas
 Material = Hierro recubierto de plástico

	Longitud	Ancho	Alto		
Total	1150	800	730	X	
Interno	1080	720	500	Y	
Plegado	1150	800	300	Z	
REFERENCIA	DESIGNACION			VEHICULO	
					EMISOR
					FECHA

Fig. 5.11. Diseño del contenedor retornable

La lista de acciones relativas a PC&L que deben estar planificadas o terminadas son:

- Plan para el transporte, envío y contenedores diseñados y comprados.
- Plan de envíos y recepciones. Ordenes de compra emitidas
- Plan de validación del embalaje definido (del producto final y supervisar los planes de embalaje de los proveedores)
- Canales de comunicación establecidos entre cliente y proveedor.
- Previsión del plan de producción y envíos futuros, negociado y acordado con el cliente



5.12. Aprobación de los PPAP de componentes comprados

Para los diferentes componentes comprados debe establecerse el procedimiento de recepción y aprobación de PPAP. Es este un requerimiento de la norma de calidad ISO 9000.

Cuando el componente se aprueba deberá notificarse al suministrador y guardar el registro de esta situación.

En función de la complejidad e importancia del componente y su influencia en el resultado final escogeremos el nivel de aprobación requerido. Los niveles van del 1 al 5.

El nivel más fuerte es el 5 que requiere controlar en la planta del suministrador los resultados de inspección, resultados funcionales, apariencia, resultados de la capacidad del proceso, revisión del PCP, estudio de las galgas y también FMEA.

En nuestro proyecto del amortiguador trasero, los componentes que requieren PPAP a nivel 5 son: el retén, la guía del vástago, el extremo cilindro sinterizado y el pistón sinterizado.

5.13. Construcción y entrega al cliente de PPAP para aprobación

El objetivo de la construcción y posterior análisis de las unidades PPAP es asegurarse que:

- Los medios productivos (máquinas, utillajes, galgas) y sistemas productivos (documentación y personal relacionado con la producción) son adecuados para la obtención del producto especificado.
- Los componentes comprados cuyos PPAP fueron anteriormente aprobados están también de acuerdo a las especificaciones y no causan problemas en producción.

En nuestro proyecto, los PPAP fueron construidos y aprobados de acuerdo a la planificación inicial.

Como característica crítica del producto se tomaron las fuerzas de amortiguación, la figura muestra las fuerzas en compresión y en extensión, obsérvese lo bien centradas que están



respecto a las tolerancias lo cual indica la bondad del producto y de su proceso

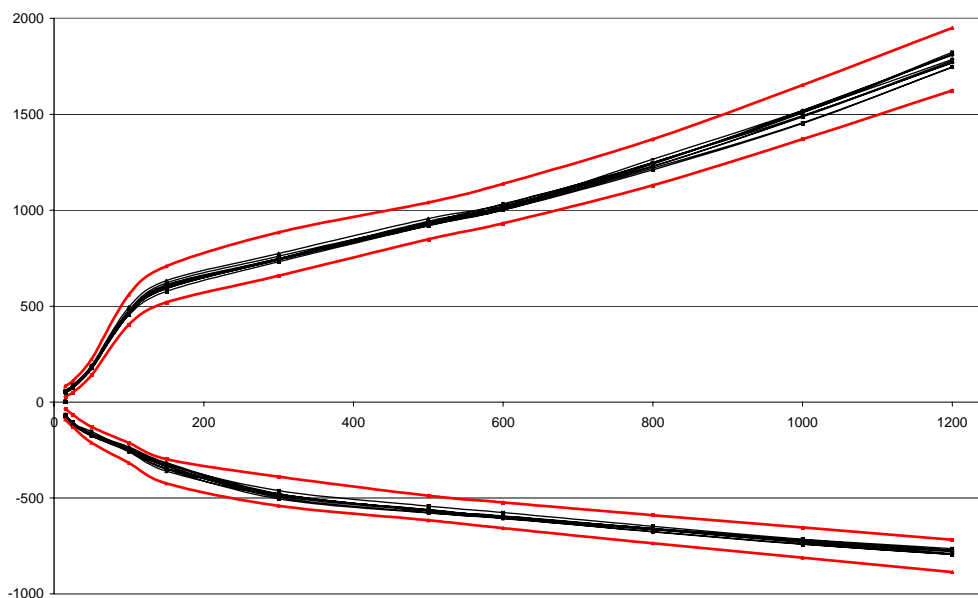


Fig. 5.13. Fuerzas de amortiguación durante PPAP a cliente

5.14. Validación de los medios productivos.

La validación de los medios productivos requiere:

- El equipo instalado y funcionando correctamente, esto significa que el equipo es capaz a nivel de cantidad y calidad de producción.
- Los planos y manuales de operación y mantenimiento listos y aprobados por Ingeniería de Proceso y de Mantenimiento.
- Operarios entrenados.



6. Fase de Cierre y Transferencia

6.1. Producción piloto bajo requerimientos productivos. Run at Rate

Esta construcción piloto debe hacerse bajo condiciones reales, utilizando componentes y medios de producción. La diferencia con producción normal es que el equipo de proyecto supervisa esta producción piloto anotando todas las anomalías y situaciones que deben modificarse.

Léase en la tabla adjunta los resultados obtenidos en nuestro proyecto:

PESO	CONCEPTO	MEDIDA	DETALLE/ EXPLICACION
50%	PPM (bruto) de fabricación piloto	100.0%	FTTQ bruto= ((total de unidades) - (chatarra) - (unidades re-operadas)) / (total de unidades)
	PPM (Neto) / Reoperación	100.0%	FTTQ neto= ((total de unidades) - (chatarra)) / (total de unidades)
	Componentes comprados- PPM	100.0%	(total de componentes comprados)-(total defectuosos) / (total de componentes comprados)
	Resultado del plan de contención	100.0%	Ninguna unidad mala => 100% Ninguna unidad buena => 0%
50.0%			
30%	Producción real Vs objetivo	90.0%	Unidades buenas producidas / Cantidad de unidades objetivo del proyecto
	Eficiencia de los medios productivos	100.0%	(Unidades producidas x Tiempo de ciclo)/ Tiempo de producción planificado
	Correcta identificación de los materiales y del flujo de materiales	100.0%	Total encontrado identificado/ Total planificado
29.0%			
15%	Desviación en el proceso respecto al plan de proyecto	90.0%	Total equipo utilizado / Total de equipo requerido
	Todas las galgas disponibles	100.0%	
	Todo el utillaje disponible	100.0%	
	Contenedores y transportes internos disponibles	80.0%	
	Los medios de seguridad y ergonomía aprobados	100.0%	
14.1%			
5%	Planos aprobados y a último nivel	100.0%	
	Cumplimiento de dimensiones del producto	100.0%	
	Fuerzas de amortiguación dentro de tolerancia	100.0%	
	Documentación disponible en producción	100.0%	
	PPAP de componentes aprobados	100.0%	
5.0%			
Resultado del Run at Rate		98.1%	

Tabla 6.1. Evaluación resultado construcción piloto



La construcción piloto se hace por tiempo, en nuestro proyecto fue de tres horas, parte de las unidades producidas deberán ser medidas en las características críticas, otras serán sometidas a ensayos y el resto se utilizarán como prototipos.

Debe observarse que el sistema que utilizamos para evaluar los resultados da diferente peso de valor a los diferentes conceptos y es en función del resultado final como se decide si la construcción piloto es aceptada o no.

Los márgenes que establecemos para la toma de decisión sobre el resultado de la construcción piloto son:

- De 90% a 100% → Construcción satisfactoria.
- De 75% a 90% → No satisfactoria, el equipo de proyecto debe revisar el sistema total
- Menor de 75% → No satisfactoria, debe informarse a la dirección y tomar acciones

Otras desviaciones encontradas durante la producción y que fueron corregidas inmediatamente fueron las siguientes:

- Polución en los componentes sinterizados
- Daño repetitivo en el anillo inferior después de soldadura
- Dispersión superior al objetivo en las fuerzas de amortiguación
- Utillaje no adecuado para la inserción de la banda de plástico
- Capa de pintura más pequeña que la especificada

6.2. Lecciones aprendidas

Es fundamental comprender los acontecimientos del proyecto y documentarlos de forma que puedan ser comprendidos y utilizados por otras personas.



Es lo que llamamos lecciones aprendidas, en nuestro proyecto de introducción de la amortiguación trasera fueron básicamente tres que las describimos a continuación.

6.2.1. Lección aprendida 1: Ruido en el eje trasero del vehículo

Descripción: Ruido de golpeteo con frecuencia que depende del estado de la ruta en la zona del eje trasero del vehículo.

Se detecta este problema por primera vez en los vehículos de pre- producción lo cual es crítico y peligroso para el cumplimiento de los plazos.

Factores que contribuyen: Se investiga la razón de porque este ruido no fue detectado con anterioridad en los coches prototipo, la explicación se encontró buscando en los espectros de ruidos de los coches prototipo, el ruido de los amortiguadores estaba camuflado bajo otros ruidos de mayor amplitud e igual frecuencia.

Acciones tomadas: Con carácter de urgencia se cambió, reduciendo la rigidez del casquillo de caucho superior y aumentando la rigidez del casquillo de caucho inferior. De esta forma la rigidez del conjunto quedó inalterada pero la filtración de los elementos vibrantes se redujo directamente proporcional a la disminución de rigidez en el casquillo superior. El resultado en el vehículo y confort del mismo fue excelente.

Acción recomendada para diseños similares: Tomar conciencia de la medición de ruidos desde las primeras pruebas con vehículos prototipos, también incluir el estudio periódico del espectro de ruidos en las sesiones y ensayos con vehículos.

6.2.2. Lección aprendida 2: Fuga estática

Descripción: El amortiguador se expide para transporte y se entrega al cliente totalmente comprimido utilizando una cinta de plástico que impide que se extienda debido a la fuerza de gas interna. En estas condiciones de amortiguador comprimido aparecen fugas de aceite después de 6 horas de almacenamiento. La cantidad de unidades que presentan este defecto es 1,5% del total.

Factores que contribuyen: El análisis de las unidades defectuosas nos reveló que la superficie del vástago estaba dañada en una longitud de 20 mm. desde el extremo superior del vástago (donde el anillo está soldado por resistencia).

Acciones tomadas: Modificar los parámetros de soldadura, disminuyendo el calor aportado.



Acción recomendada para diseños similares: La comprobación de fugas estáticas debe ser incluida en los planes de control, es imprescindible cuando existe alguna operación de soldadura en el vástago.

6.2.3. Lección aprendida 3: Fuga dinámica en ensayo de durabilidad

Descripción: Aparecen fugas en la rosca del vástago durante el ensayo de durabilidad.

Factores que contribuyen: No se observan daños ni en el vástago ni en el retén, sin embargo probando tres marcas diferentes de aceite dos de ellos producen fugas y uno no. Se encuentra la causa raíz del problema que es la variación de viscosidad de estos aceites en función de la temperatura.

Acciones tomadas: Se especifica la utilización del aceite cuya variación de viscosidad frente a la variación de temperatura es mínima.

Acción recomendada para diseños similares: Pequeños cambios de viscosidad pueden tener influencia en el proceso de fugas y también depende fuertemente del diseño del labio del retén. Hay que tener en cuenta esta experiencia al principio de los ensayos de los prototipos.

6.3. Plan de mejora continua

Antes de proceder al traspaso de la responsabilidad del proyecto a la planta productiva, es muy conveniente el haber diseñado un plan de mejora que ayudará a la empresa a ser más competitiva.

La mejora debe venir de cada uno de los departamentos que han intervenido en el proyecto:

- Ingeniería de Producto: sugiriendo cambios en el diseño que permitan reducir el coste de los materiales o bien que permita aumentar la productividad.
- Compras: Debe renegociar los contratos a largo plazo con los diferentes proveedores ó al menos establecer un calendario con las fechas de las negociaciones previstas.
- Ingeniería de Proceso, Calidad y PC&L: deben dar también un plan de reducción de costos relacionado con las operaciones de estos departamentos.



6.3.1. Mejora relativa al producto

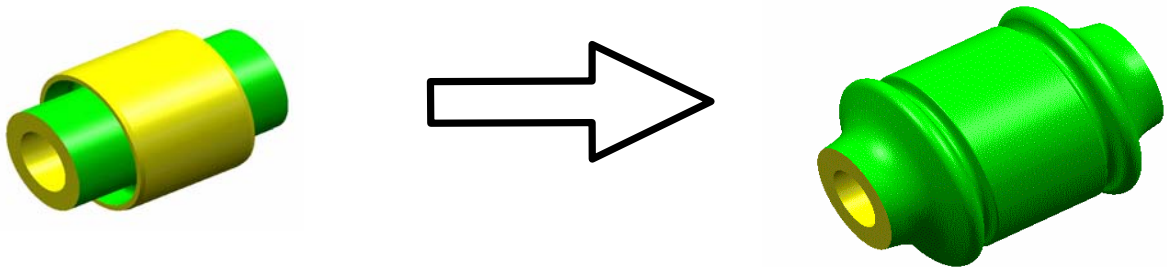
En relación al producto y a su diseño, el plan de mejora continua dado para nuestro proyecto, consistió en varias ideas de reducción de coste dadas por Ingeniería de Producto.

En la figura 6.3.1 presentamos una de las ideas de mejora para el producto.

MEJORA CONTINUA. Ideas de Reducción de Coste en Producto

1. Simplificar los casquilos de caucho

- Quitar el casquillo metálico y utilizar sólo caucho.
- Primeros ensayos de validación ya realizados con resultados OK.
- El cliente debe validar el cambio. Preparar documentación soporte



Ahorro estimado: 0,15 Euro por amortiguador

Tabla 6.3.1 Mejora continua para el producto

6.3.2. Mejora relativa al proceso y a la organización

En este apartado damos el análisis realizado para el establecimiento de nuestro plan de mejora continua de proceso y organizacional.

Nuestro análisis estuvo basado fundamentalmente en la identificación del despilfarro en los procesos instalados por el proyecto.

Despilfarro encontrado (y causas más comunes del despilfarro) :

- Operaciones inútiles
- Recuperación de piezas defectuosas



- Sobreproducción
- Desplazamientos innecesarios
- Manejo de materiales innecesarios
- Tiempos de espera de la operación anterior
- Tiempos de espera de componentes para producción
- Almacenamientos intermedios innecesarios.

El plan de mejora continua presentado por el equipo del proyecto consistió en una lista de acciones para *simplificar, combinar y eliminar operaciones* y métodos identificados como mejorables.

6.4. Transferencia del proyecto a producción y cierre del proyecto

Este es el último paso a realizar por el equipo del proyecto, es a partir de este momento cuando la responsabilidad es de la planta productiva.

La transferencia debe estar aprobada por la dirección de la empresa pero también por el cliente el cual habrá dado su acuerdo de antemano, en general el cliente realiza una auditoria a la planta de producción antes de dar su acuerdo sobre la transferencia de la responsabilidad a operaciones de la empresa.

La documentación entregable de esta fase CT es el conjunto de documentos que se utilizarán para ver la evolución del proyecto desde su inicio y que contienen también los parámetros en los que la producción debe moverse en el futuro.



La tabla 6.4 muestra la evolución del proyecto hasta el momento del CT (*Cierre y Transferencia*) Estos datos deben también utilizarse como recomendación del equipo de proyecto para la producción industrial.

REVISIÓN Y SALIDA DE LA FASE: CT						
TABLA DE EVOLUCIÓN DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO						
DESCRIPCION	Valor Benchmark	Objetivos del Cliente	REVISIONES DEL PROYECTO			
			IC	LP	AP	CT
Fecha			08-Nov-99	04-May-00	08-Nov-01	06-Sep-02
Máquinas y Equipos (Euro) :			1,361,000	1,361,000	1,412,000	1,476,000
Utillajes (Euro) :			306,000	306,000	152,000	159,000
Operaciones (Euro) :			134,000	134,000	57,000	59,000
Total (Euro) :			1,801,000	1,801,000	1,620,000	1,694,000
Financieros del Proyecto						
Precio de Venta (Euro) :		6.50	6.25	6.25	6.31	6.50
Coste Unitario (Euro) :			5.78	5.78	5.97	6.12
EBIT :			0.47	0.47	0.34	0.38
EBIT % :			7.52%	7.52%	5.39%	5.85%
IRR % :			37.81%	37.81%	45.05%	44.96%
Retorno Inversión (años) :			4	3.75	4	3.52
Volumen Medio (unidades) :			549,000	549,000	1,403,000	1,300,000
Performance						
Ensayo de durabilidad	Especificación Cliente		NOK	NOK	OK	OK
Test de Baja Temperatura	Especificación Cliente		NOK	NOK	OK	OK
Test de Fricción	20N	20N	35N	35N	OK	OK
Tolerancias de la Carga de Gas	+/-10N	+/-10N	+/-10N	+/-10N	+/- 20N	+/- 20N
Tolerancias de las fuerzas	8%	8%	12%	12%	OK	OK
Calidad/ Fiabilidad						
Previsión de RPPM en SORP :		0	50	50	50	0
Fiabilidad. Objetivo de IPTV :		0	2,2	2,2	2,2	0
Calidad. Objetivo DPM :			4641	4641	4641	14200
Reclamaciones abiertas, T.I.R. :			N/A	N/A	N/A	N/ A
Otros :			36PPR	36PPR	36PPR	0 PPR
Timing						
Fecha de Validación de Prototipos :		01-Apr-01	01-Apr-01	01-Apr-01	01-Apr-01	01-Apr-01
Fecha de PPAP :		07-May-01	16-Apr-01	16-Apr-01	07-May-01	07-May-01
Fecha de construcción de pilotos :		03-Sep-01	03-Sep-01	03-Sep-01	03-Sep-01	03-Sep-01
Arranque de Producción interno :		05-Nov-01	05-Nov-01	05-Nov-01	05-Nov-01	05-Nov-01
Arranque de producción en Cliente :		16-Nov-01	16-Nov-01	16-Nov-01	16-Nov-01	16-Nov-01

Fig. 6.4. Tabla evolución del proyecto. Salida de la fase CT

Es imprescindible hacer y llenar una lista de chequeo con todas las operaciones que deben estar completadas, damos a continuación las más importantes:

- Contrato de venta del producto establecido y pasado a Ventas de la planta productiva.
- DFMEA y PFMEA actualizados y pasados a Ingeniería de la planta de producción
- Diagrama de Flujo de Proceso actualizado y pasado a Ingeniería de producción



- Plan de Control de Calidad listo y pasado a Calidad de la planta de producción
- Especificaciones de los materiales aprobadas y pasadas a Calidad y a Compras
- Manuales de operación y mantenimiento de las máquinas listos y pasados a Producción, Ingeniería y a Mantenimiento.
- Colección de planos de máquinas y utillajes actualizados a último nivel
- Aspectos legales resueltos (importación, exportación, medio ambiente, seguridad, ...)
- Personal entrenado. Registro de nombres con entrenamiento recibido.
- Contratos de compras pasados a Compras de producción
- PC&L establecido, también compañía de transporte a utilizar y lista de personas a contactar en el cliente para cada caso específico.



Conclusiones y recomendaciones

El trabajo que se presenta da las operaciones y su secuencia que deberían seguirse para la ejecución de un proyecto de tamaño mediano de introducción de componentes en el sector de la automoción.

Para nuestro sistema de gestión hemos considerado sólo tres fases, por evidente hemos obviado la planificación la cual no es fase en ningún proyecto.

Aunque es el director del proyecto quien decide cómo y cuando debe informarse a la dirección de la empresa, el sistema de gestión propuesto nos sugiere el momento más conveniente.

Las recomendaciones que podemos dar para que los conceptos que se describen en este trabajo tengan la máxima efectividad son las siguientes:

- Es importante seguir la secuencia temporal que indicamos para las fases, la documentación entregable y la tareas de las fases (figura 3.2. ,página 11)
- Dentro de cada fase es conveniente también respetar el orden de las tareas y en general hacer varias tareas en paralelo cuando la disponibilidad de recursos lo permita.
- La dirección de la empresa tiene que estar informada del progreso del proyecto y de los avatares del mismo (sean buenos ó malos). El momento en que debe producirse esta comunicación es durante la salida ó aprobación de fases: IC (*Iniciación del Concepto*), LP (*Lanzamiento del Proyecto*), RD (*Revisión del Diseño*), AP (*Aprobación de la Producción*), CT (*Cierre y Transferencia*).
- No debe pasarse a la fase siguiente si la anterior no está cerrada, documentada y aprobada por la dirección.
- Dada la presión de cumplimiento de plazos es difícil (imposible si queremos cumplir los objetivos) el parar el proyecto hasta que la fase anterior este terminada (en ocasiones ni siquiera depende del equipo). En estos casos pasaremos a la fase siguiente con un plan de acción indicando las tareas, los responsables y las fechas de terminación. Debe establecerse también la nueva fecha de revisión de salida de fase.



Agradecimientos

Mis agradecimientos:

Para mi esposa Gracita, la cual me ha empujado a que por fin realice el PFC a mis 52 años de edad.

Para el director del proyecto Ramón Companys, excelente dirección y apoyo positivo con comentarios como 'es difícil de conseguir, pero lo que es seguro es que si no lo intentas no lo conseguirás'



Bibliografía

Bibliografía complementaria

- [1] LUIS GUERRA, ADRIANO CORONEL, LUIS MARTINEZ, ANTONIO LLORENTE, *Gestión Integral de Proyectos*. Madrid: FC EDITORIAL
- [2] ELISEO GÓMEZ, SENENT MARTÍNEZ: *El Proyecto. Diseño en Ingeniería*. Valencia: Servicio de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia
- [3] ELISEU SANTANDREU, POL SANTANDREU. *Manual de Finanzas*. Barcelona: Gestión 2000.
- [4] ANTONIO M. ARROYO, MARGARITA PRAT. *Dirección Financiera*. 2004 Ediciones Deusto Barcelona.
- [5] RAMON COMPANYS PASCUAL. *Secuenciación. Programación de Proyectos y de Taller. Equilibrado y secuenciación de líneas*. CPDA- ETSEIB, Barcelona 2004
- [6] J. M^a. ROQUETA. *El proyecto de inversión Industrial. Metodología de la Ingeniería de Sistemas*. CPDA- ETSEIB, Barcelona Agosto 2000.
- [7] FERMÍN GÓMEZ FRAILE, JOSÉ FRANCISCO VILAR BARRIO, MIGUEL TEJERO MONZÓN. *Seis Sigma*. 2^a edición. FC Editorial, Madrid 2004.

