

PROYECTO DE FINAL DE CARRERA  
INGENIERO INDUSTRIAL ESPECIALIDAD FABRICACIÓN

**Estudio, análisis y mejora del proceso de fabricación de tubos de escape  
para motocicletas de cuatro tiempos**

**MEMORIA**

**Autor :** Claudia Barba Fau  
**Director :** Irene Buj Corral  
**Convocatoria :** Marzo 2004 (Plan 94)



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Industrial de Barcelona





## **RESUMEN**

El objeto de estudio de este proyecto son las líneas de fabricación de tubos de escape no homologados, de una pequeña empresa. Para mantenerse en el mercado quiere duplicar su producción, en los próximos cinco años, y mejorar la calidad del producto. Para ello es necesario optimizar los procesos de mecanizado y montaje, reduciendo los tiempos de ciclo actuales.

Mediante el análisis del estado actual de las líneas, estudiando sus tiempos de proceso, se ha visto cuales son las operaciones más largas, las que generan tiempos de espera más largos, y las que podrían mejorarse para obtener un producto de mayor calidad.

Se proponen siete posibles acciones para mejorar el proceso, y se estudian separadamente para ver si aplicándolas por separado podrían cumplir las expectativas de demanda. El estudio de capacidades de estas mejoras por separado nos lleva a la conclusión que una mejora radical sólo se obtiene aplicando varias de las acciones propuesta a la vez.

También se realiza el estudio de la distribución en planta de la fábrica y se proponen diferentes distribuciones para disminuir distancias entre máquinas y estaciones, reduciendo los tiempos de operario.

Finalmente, de las posibles combinaciones entre mejoras de fabricación y de distribución, se llega a 3 posibles procesos, los cuales conseguirían duplicar la demanda en los tres casos. Para escoger el definitivo se realiza el estudio de la inversión necesaria y se calcula el coste de fabricación pieza en cada caso.

De esta manera, se llega a la conclusión que el mejor proceso es el que incluye las siguientes mejoras: Una cabina de chorro para rebarbar, para un mejor acabado. Adquirir una pulidora automática sin centros, eliminando la necesidad de realizar esta operación fuera de la empresa. Sustituir la remachadora actual por una con depósito de vástagos, agilizando el trabajo del operario. Y automatizar el proceso de obtención de tubos de enlace, utilizando programas 3D para diseñar el prototipo e instalando una curvadora de tubos controlada por control numérico, reduciendo notablemente los tiempos de mecanizado.

Se ha preparado, también, toda la documentación para el control y seguimiento del proceso productivo.

Y finalmente, se ha comprobado que el proyecto es viable económicamente.





## **SUMARIO**

### **MEMORIA**

RESUMEN	1
SUMARIO	3
1. INTRODUCCIÓN	11
1.1.    Objetivo del proyecto	11
1.2.    Alcance del proyecto	11
2. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	13
2.1.    Descripción general de la empresa	13
2.2.    Descripción general del Tubo de Escape	14
2.2.1.    Funcionamiento	15
2.2.2.    Diferencias entre tubos de escape homologados y no homologados	15
2.3.    Estructura del Tubo de Escape de Salida Libre	16
2.4.    Componentes de los tubos de escape	17
2.4.1.    Componentes	18
3. DESCRIPCIÓN DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN	27
3.1.    Introducción	27
3.2.    Descripción de las líneas Sleep-on	27
3.3.    Descripción de las líneas Bolt-on	29
3.4.    Descripción de las estaciones	30
3.4.1.    Estación 1	30
3.4.2.    Estación 2	30
3.4.3.    Estación 3	31
3.4.4.    Estación 4	32
3.4.5.    Estación 5	33
3.4.6.    Estación 6	34
3.4.7.    Estación 7	35
3.4.8.    Estación 8	36
3.4.9.    Estación 9	36
4. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LAS LÍNEAS	37
4.1.    Análisis general de las líneas	37
4.2.    Análisis de las estaciones	37
4.2.1.    Análisis estación 1: Fabricación carcasa	37



4.2.2. Análisis estación 2: Inicio montaje del silenciador.....39

4.2.3. Análisis estación 3: Ensamblaje interno del silenciador Sleep-on.....40

4.2.4. Análisis estación 4: Cierre del silenciador.....41

4.2.5. Análisis estación 5: Fabricación del tubo de enlace.....42

4.2.6. Análisis estación 6: Ensamblaje externo.....44

4.2.7. Análisis estación 7: Acabados y embalaje.....46

4.2.8. Análisis estación 8: Mecanizado tobera de entrada Bolt-on.....46

4.2.9. Análisis estación 9: Ensamblaje interno del silenciador Bolt-on.....47

4.2.10. Resumen de los resultados.....49

5. ESTUDIO DE MEJORAS \_\_\_\_\_51

5.1. Consideraciones iniciales.....51

5.1.1. Superficie útil.....51

5.1.2. Necesidades futuras de producción.....51

5.1.3. Disponibilidad horaria.....51

5.2. Mejoras de distribución.....52

5.3. Mejoras de producción.....54

5.3.1. Mejoras globales.....55

5.3.2. Mejoras en las líneas Sleep-on.....57

5.3.3. Mejoras en las líneas Bolt-on.....59

6. ELECCIÓN DEL NUEVO PROCESO PRODUCTIVO \_\_\_\_\_61

6.1. Estudio tiempos de proceso.....61

6.2. Capacidad para cubrir la demanda.....62

6.2.1. Capacidad del proceso actual.....62

6.2.2. Estudio de capacidades de cada una de las mejoras.....62

6.3. Colocación de las máquinas.....64

6.3.1. Opción 1.....64

6.3.2. Opción 2.....65

6.4. Elección del proceso definitivo.....66

7. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DEFINITIVO \_\_\_\_\_71

7.1. Componentes de las nuevas líneas.....71

7.2. Nuevo proceso de las líneas Sleep-on.....72

7.3. Nuevo proceso de las líneas Bolt-on.....73

8. ESTUDIO ECONÓMICO \_\_\_\_\_75

8.1. Consideraciones iniciales.....75



8.2.	Cálculo de necesidades.....	75
8.3.	Determinación de los costes de mano de obra directa.....	76
8.4.	Determinación de los costes de estructura.....	77
8.5.	Determinación de los costes de mano de obra indirecta.....	77
8.6.	Determinación de los costes de materia prima.....	78
8.7.	Determinación de los costes de fabricación.....	79
8.8.	Determinación de la amortización.....	79
8.9.	Inversión necesaria.....	80
8.10.	Ingresos por ventas.....	81
8.11.	Viabilidad económica del proyecto.....	82
9.	PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	85
10.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	87
10.1	Política medioambiental del la empresa.....	87
10.2	Objetivo medioambiental de la empresa.....	88
10.3	Gestión de residuos de la empresa.....	88
10.4	Residuos generados en las nuevas líneas de producción.....	89
10.4.1	Viruta.....	89
10.4.2	Chatarra.....	89
10.4.3	Taladrina.....	90
10.4.4	Emulsión de agua y aceites sintéticos.....	90
10.4.5	Papel.....	90
11.	CONCLUSIONES.....	91
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	93

## **ANEXO A: PLANOS**

## **ANEXO B: FICHAS A PIE DE MÁQUINA**

## **ANEXO C: ESTUDIO DE TIEMPOS**

C.1.	CÁLCULO DE TIEMPOS.....	3
C.1.1.	Tiempos de proceso en la actualidad.....	3
C.1.1.1.	Estudio tiempos de mecanizado.....	3
C.1.1.2.	Estudio tiempos de operario.....	4



- C.1.1.3. Tiempos de proceso en la actualidad.....12
- C.1.2. Tiempos de las mejoras de distribución.....17
  - C.1.2.1. Tiempos de proceso con la distribución 1.....17
  - C.1.2.2. Tiempos de proceso con la distribución 2.....19
  - C.1.2.3. Tiempos de proceso con la distribución 3.....21
- C.1.3. Tiempos de las mejoras de maquinaria.....23
  - C.1.3.1. Tiempos de proceso con las mejoras globales.....23
  - C.1.3.2. Mejoras de las líneas Sleep-on.....29
  - C.1.3.3. Mejoras de las líneas Bolt-on.....33
- C.1.4. Estudio de tiempos de los procesos definitivos.....39
- C.2. ESTUDIO DE CAPACIDADES.....43
  - C.2.1. Capacidad del proceso actual.....43
  - C.2.2. Estudio de capacidades de cada una de las mejoras.....44
  - C.2.3. Capacidades de los procesos definitivos.....46
    - C.2.3.1. Capacidad del Proceso1.....46
    - C.2.3.2. Capacidad del Proceso2.....47
    - C.2.3.3. Capacidad del Proceso 3.....48
  - C.2.4. Capacidad de las máquinas.....48
    - C.2.4.1. Capacidad de las máquinas en el proceso 1.....48
    - C.2.4.2. Capacidad de las máquinas en el proceso 2.....49
    - C.2.4.3. Capacidad de las máquinas en el proceso.....49
- C.3. CALCULO DE NECESIDADES DEL PROCESO DEFINITIVO.....51

**ANEXO D: ESTUDIO ECONÓMICO**

- D.1. CÁLCULO DE COSTES.....3
  - D.1.1. Costes de mano de obra directa.....3
  - D.1.2. Costes de estructura.....3
  - D.1.3. Costes de mano de obra indirecta.....4
  - D.1.4. Costes de materia prima.....4
  - D.1.5. Cálculo de la inversión necesaria.....6
  - D.1.6. Cálculo de la amortización.....6
  - D.1.7. Costes de fabricación.....7
  - D.1.8. Ingresos por ventas.....11





D.2. RENTABILIDAD DEL PROYECTO	13
D.2.1. Cálculo del balance económico del proyecto	13
D.2.2. Rentabilidad económica	14
D.2.2.1. Valor Actualizado Neto	14
D.2.2.2. Tasa Interna de Rentabilidad	14
D.2.2.3. Período de Retorno o PayBack	14

## **ANEXO E: FICHAS TÉCNICAS DE LAS MÁQUINAS**

E.1. CABINAS DE CHORRO: FORMULA	3
E.1.1. Características Generales	3
E.1.2. Equipamiento	3
E.1.3. Especificaciones técnicas del abrasivo: Corindón Blanco Artificial	4
E.1.3.1. Características Generales	4
E.1.3.2. Características químicas. Análisis Típico (%)	4
E.1.3.3. Distribución granulométrica. Granulometrías disponibles	4
E.1.3.4. Seguridad e Higiene	5
E.1.3.5. Normas aplicables: FEPA	5
E.1.3.6. Aplicaciones típicas	5
E.1.4. Presupuesto	5
E.2. PULIDORA-LIJADORA	7
E.2.1. Equipamiento	7
E.2.2. Prestaciones	8
E.2.3. Características técnicas	8
E.2.4. Dimensiones	9
E.2.5. Presupuesto	9
E.3. REMACHADORA NEUMÁTICA	11
E.3.1. Características principales	11
E.3.2. Características técnicas	12
E.2.5. Presupuesto	12
E.4 PROGRAMA DE DISEÑO 3D	13
E.4.1. Características generales	13
E.4.2. Detalles del programa	14
E.4.3. Requerimientos	16



E.4.4. Presupuesto.....	17
E.5. CURVADORA AUTOMÁTICA DE TUBO.....	19
E.5.1. Prestaciones.....	19
E.5.2. Características técnicas.....	20
E.5.3. Presupuesto.....	21
E.6. TORNO REVOLVER.....	23
E.6.1. Componentes.....	23
E.6.2. Características técnicas.....	23
E.6.3. Presupuesto.....	24
E.7. CENTRO DE TORNEADO.....	25
E.7.1. Características principales.....	25
E.7.2. Características constructivas.....	25
E.7.3. Características técnicas.....	26
E.7.4. Presupuesto.....	27

## **ANEXO F : ESPECIFICACIONES TÉCNICAS A PROVEEDORES DE MAQUINARIA**

F.1. INFORMACIÓN TÉCNICA.....	3
F.1.2. Planos.....	3
F.2. PROVEEDORES REQUERIDOS PARA EL PROYECTO.....	4
F.3. CONDICIONES DE MONTAJE.....	4
F.3.1. Prevención de accidentes.....	4
F.3.2. Seguro de montaje.....	5
F.3.3. Daños ocasionados durante los trabajos dentro de la planta.....	5
F.4. CONDICIONES TÉCNICAS.....	5
F.4.1. Patentes y derechos de protección.....	5
F.4.2. Secreto de obligación y declaración de reserva.....	5
F.4.3. Resultados de las obras.....	6
F.4.4. Garantía.....	7
F.5. CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD.....	7
F.5.1. Normas generales de seguridad.....	7
F.5.2. Prevención de infortunios.....	8
F.5.3. Instalación de maquinaria.....	8



F.5.4. Ruido.....	8
F.6. CERTIFICACIÓN Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN_____	9
F.6.1. Período de prueba en la fábrica.....	9
F.7. MANTENIMIENTO _____	10
F.8. FORMACIÓN_____	10
F.9. DOCUMENTACIÓN A PRESENTAR CON LA MÁQUINA_____	10
F.10. OFERTA_____	11





## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. OBJETIVO DEL PROYECTO**

Estudiar y analizar el proceso de fabricación de los tubos de escape de la empresa “K Tubos Racing”. Optimizar los procesos de mecanizado y montaje, para disminuir los tiempos de ciclo y aumentar la producción. En la medida posible, conseguir centralizar todas las operaciones de mecanizado dentro de la empresa. Optimizar el layout de la planta par disminuir los tiempos de operario. Mejorar los procesos para conseguir una mejor calidad del producto. Realizar un posterior análisis de viabilidad de las mejoras propuestas.

### **1.2. ALCANCE DEL PROYECTO**

Para la consecución del proyecto se tienen en cuenta los siguientes puntos:

- Análisis de las líneas de producción ya existentes en la empresa.
- Estudio exhaustivo de las posibles alternativas de layout para optimizar el espacio y mejorar los tiempos de proceso.
- Estudio de la implantación de nuevas maquinas automáticas, para la realización de los procesos de mecanizado que actualmente se llevan a cabo por subcontratación.
- Estudio de los tiempos de proceso de las distintas líneas productivas propuestas.
- Estudio de la capacidad de cada mejora, para cubrir la demanda.
- Elección de la mejor alternativa de layout y proceso, que se adapte a las necesidades de producción futuras y a las posibilidades económicas de la empresa.
- Realización de la documentación necesaria a pie de máquina: Hojas de ruta. Fichas de instrucciones. Fichas de vigilancia. Fichas de medio ambiente. Fichas de seguridad y salud.
- Estudio económico.
- Estudio del impacto ambiental.
- Conclusiones





## 2. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

### 2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

La empresa “**K Tubos Racing**” se dedica al diseño, desarrollo, fabricación y venta de componentes para automoción. Su actividad principal consiste en la elaboración de tubos de escape para motos deportivas de cuatro tiempos, tanto para motos de Carreras (Racing), como Off road y Quads. Esta empresa se puso en marcha el noviembre del 2000 y empezó la producción en julio del 2001.

Se trata de una empresa familiar, formada por 4 personas, en la que todos los componentes son administradores de la sociedad. Los puestos de trabajo que ocupa cada uno de los integrantes de la empresa son: ingeniero/administrador contable, comercial, y dos operarios.

Está ubicada en el polígono industrial El Ramasar de Granollers, y dispone de una nave industrial de 298.4 m<sup>2</sup> de planta, con doble altura, donde están las oficinas.

Los tubos de escape que se fabrican en la empresa se diferencian por el material de la carcasa del silenciador, que puede ser de Aluminio, Acero inoxidable y Fibra de carbono. Y por el tipo de unión del silenciador a la motocicleta. La unión puede ser directa (Bolt-on) o bine mediante un tubo de enlace (Sleep-on). A continuación se muestra una tabla que resume los modelos que se fabrican en la empresa:

<b>TUBOS RACING (para motos de asfalto)</b>			
<b>REF.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unió</b>	<b>Descripción</b>
OP	Tubo oval de aluminio pulido	OP+	Unión directa a los colectores de
		OP-	Unión mediante tubo de enlace
RSP	Tubo redondo de aluminio pulido	Bolt-	Unión directa
		Sleep	Unión mediante tubo de enlace
OFC	Tubo oval de fibra de carbono	Bolt-	Unión directa
		Sleep	Unión mediante tubo de enlace
RFC	Tubo redondo de fibra de carbono	Bolt-	Unión directa
		Sleep	Unión mediante tubo de enlace
OT	= a OP pero con baño de color (tecno)		
HSP	= a RSP pero con sistema de conducción de gases		

*Tabla2.1. Lista de Referencias de los tubos Racing*



<b>TUBOS OFF ROAD (para quads y motos de cross)</b>			
<b>REF.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unión</b>	<b>Descripción</b>
RAC	Tubo redondo de aluminio pulido	Bolt-	Unión directa
		Sleep-	Unión mediante tubo de enlace
OR	Tubos redondos de acero inoxidable pulido con sistema de conducción de gases		

*Tabla2.1. Lista de Referencias de los tubos Off Road*

Además de los productos descritos, ofrecen la posibilidad de realizar un baño de color (rojo, azul y negro) a los tubos de aluminio de toda la gamma racing.

Hay que tener en cuenta que estos productos no están en conformidad con el código vial en cuanto a prestaciones y ruido. Por lo tanto sólo pueden ser utilizados en competiciones deportivas o dentro de circuitos cerrados. Al tratarse de tubos de escape de recambio la empresa vende a distribuidores, que a su vez venden a tiendas especializadas.

Actualmente, debido a su juventud y a su pequeña estructura productiva, la empresa se ve obligada a subcontratar otras empresas para realizar algunas de las operaciones de mecanizado.

La empresa K trabaja según demanda, y por tanto no se trata de una línea de producción en serie sino que producen por lotes.

## **2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TUBO DE ESCAPE**

Se entiende como tubo de escape al conjunto de elementos que permiten dar salida a los gases quemados en los motores de combustión interna, enfriándolos para que terminen su expansión. De este modo, el choque de los gases con el aire libre se produce bajo una presión y un ruido más débiles.

El sistema de escape de gases incluye (ver figura 2.1):

- Los tubos (de enlace o de conducción a menudo soldados con las “cámaras”).
- Los silenciadores (cámara de expansión y cámara de escape).
- Los accesorios que permitan el montaje (entre si o bajo el vehículo)de los diferentes elementos (abrazaderas, bridas, gomas, silent-blocks etc).





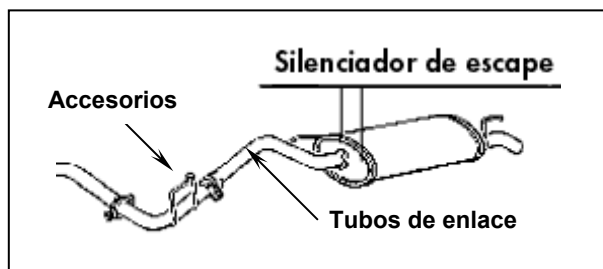


Fig.2.1. tubo de escape

### 2.2.1. Funcionamiento

El principio de funcionamiento de un tubo de escape es hacer pasar los gases de escape a través de una caja (el silenciador), en la que se aplican los siguientes procesos:

- **Reflexión** : Cada desviación del flujo gaseoso principal (ejemplo: rebote en una pared) provoca una reducción del ruido => organizar "circuitos" dentro del silenciador, por medio de tubos y tabiques.
- **Absorción** : El paso del flujo gaseoso, o mejor de la onda acústica, a través de un material insonorizante (lana de vidrio) provoca una reducción del nivel sonoro (sobre todo a alta frecuencia).
- **Presión** : La reducción de la presión del flujo gaseoso (ejemplo: expansión en una cámara de gran volumen, paso por un tubo de gran diámetro) provoca una reducción del nivel sonoro.
- **Interferencia** : En ciertas condiciones, cuando están presentes ondas sonoras que tengan frecuencias de vibración diferentes, se traduce por la anulación de estas ondas sonoras y, por consiguiente, en la reducción del nivel del ruido.

### 2.2.2. Diferencias entre tubos de escape homologados y no homologados

La principal diferencia entre el tubo de escape homologado y el no homologado, es el tubo interno del silenciador. En el primer caso, el tubo interno lleva un circuito de conducción de gases para conseguir la reflexión de los gases. En el caso de los tubos no homologados el tubo interno es de paso directo, con lo que no se produce dicha reflexión.

En las motos deportivas de 4T (*Racing*, *Off-road* y *Quads*), para uso en competiciones o circuitos cerrados, los tubos de escape originales son substituidos, generalmente, por tubos de



competición o de escape libre, no homologados, para conseguir una mejora global de las características mecánicas del motor.

En comparación con los tubos homologados, los tubos no homologados consiguen un incremento del par y de la potencia en todos los regímenes de rotación (Figura2.2.), con una distribución más potente y fácilmente utilizable a regímenes intermedios, un aumento de la potencia máxima y una sensible capacidad de alargue en altas revoluciones. La sonoridad de estos escapes es de tipo deportivo, con ahorro en términos de peso y de resistencia al estrés mecánico y térmico.

Además, el aumento de potencia (5-10%) en los regímenes medios y medios altos, robustecen la producción de potencia del motor. La usual caída de potencia cuando se está “pasado de revoluciones”, propio de los escapes tradicionales, es drásticamente reducida, permitiendo un mayor rendimiento de aceleración y de velocidad máxima.

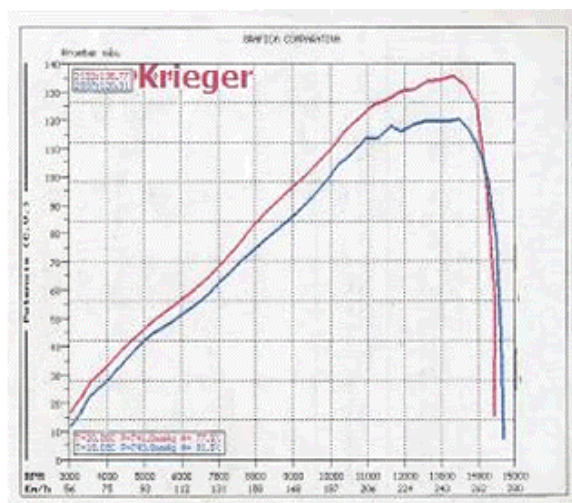


Fig.2.2. Par motor

### 2.3. ESTRUCTURA DEL TUBO DE ESCAPE DE SALIDA LIBRE

Este tipo de silenciadores están compuestos por una estructura externa formada por una carcasa (o botella) que puede ser de Aluminio pulido, de Fibra de Carbono (que consta de dos capas, interior y exterior, separadas por una malla de inoxidable que le confiere una mayor rigidez), o de Acero inoxidable. En los extremos de dicha botella encontramos dos toberas de Aluminio fundido, una es la que da salida a los gases de combustión y la otra va unida a los colectores y tubos de enlace de la moto. Estos últimos son de acero inoxidable AISI-304, así como todas las abrazaderas o arandelas que se añaden al tubo para una mejor sujeción a la moto.

La estructura interna consta de un cilindro de malla perforada de acero inoxidable que trabaja en combinación con una banda de fibra de vidrio anticalorica, un buen material acústico absorbente para competiciones (Fig.2.3).



Todo ello consigue un eficaz efecto de absorción acústica y una gran resistencia mecánica, que impide la dispersión de los gases del escape.



Fig.2.3. Estructura interna

## 2.4. COMPONENTES DE LOS TUBOS DE ESCAPE

Existen dos tipos de tubos de escape de salida libre: los **Bolt-on** (Figura 4), el silenciador de los cuales va directamente unido a los colectores de la moto, y los **Sleep-on** (Figura 5) en los que el silenciador va unido a la moto mediante un tubo de enlace. Los componentes que forman dichos tubos serán distintos según el modelo de tubo de escape.

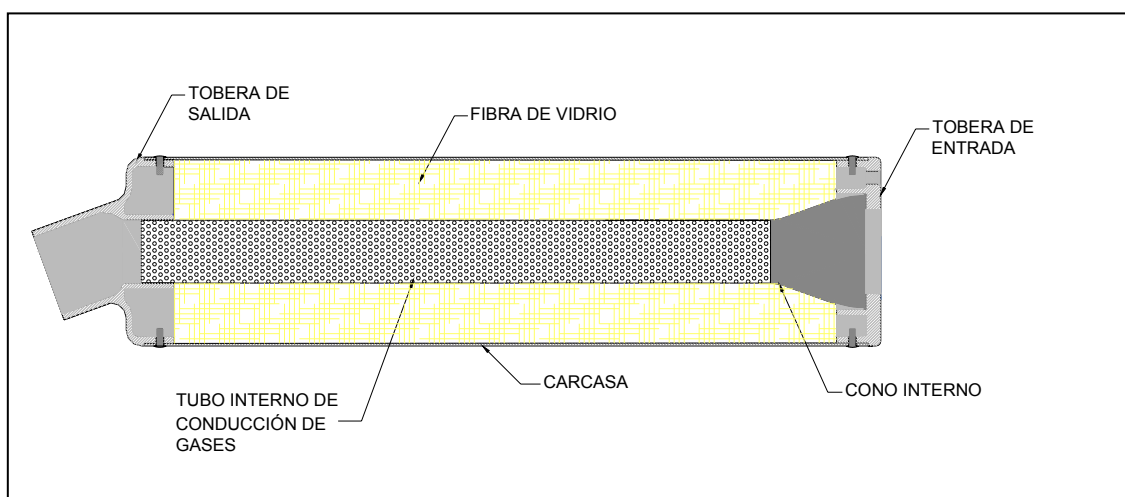


Fig.4. Tubo de escape Bolt-on



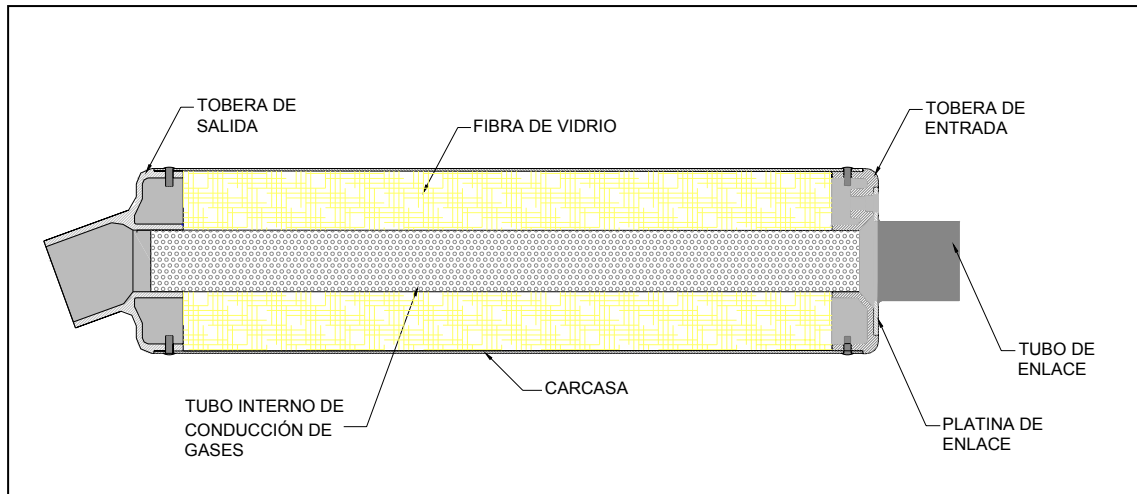


Fig.5. Tubo de escape Sleep-on

### 2.4.1. Componentes

- **Carcasa:**

Es el elemento que recubre el silenciador y queda a la vista del público, por ello sus acabados deben ser excelentes, puesto que los usuarios potenciales de dichos tubos además de estar interesados en las mejores características técnicas, también tienen en cuenta la estética de la moto.

Son tubos que se obtienen por extrusión, y pueden ser cilíndricos o bien ovales, según el modelo (Fig.2.6).

Material: La carcasa puede ser de tres materiales distintos: de Aleación de Aluminio 6060, que tiene una resistencia a la tracción de  $R_t=25 \text{ Kg/mm}^2$ , de Acero inoxidable AISI-304, con una resistencia  $R_t=50-70\text{Kg/mm}^2$  con lo que se obtiene una mayor robustez, o bien de Fibra de Carbono que consta de dos capas( interior y exterior), separadas de una malla de inoxidable que le confiere mayor rigidez sin incrementar su peso.



Fig.2.6.Carcasa oval

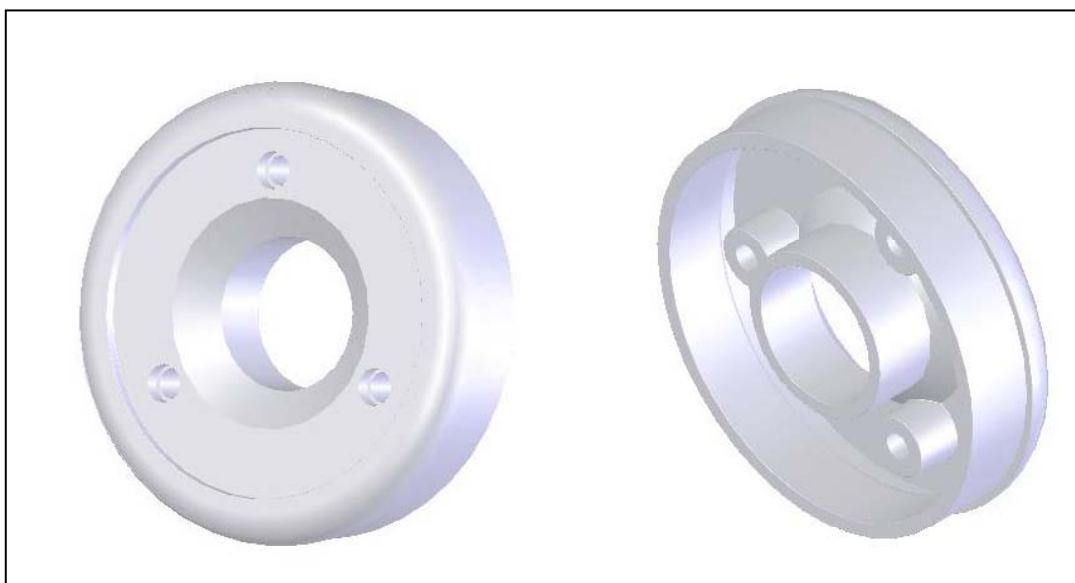


Tratamientos superficiales: Las de Acero inoxidable AISI-304 son sometidas a recocido, y solo puede endurecerse en frío. Todas ellas son pulidas e incluso algunas pintadas para obtener distintos efectos estéticos.

Medidas y cotas principales: La longitud de la carcasa es de  $460 \pm 0.5$  mm, con un diámetro exterior de  $120^{+0}_{-0.22}$  mm y un espesor de  $1.6^{+0.22}_{-0}$  mm. El diámetro interior ha de permitir un ajuste con apriete para no transmitir un esfuerzo notable, y poder montar y desmontar las piezas.

- **Tobera de entrada:**

Los gases de combustión interna del motor entran en el silenciador a través de la tobera de entrada. Éstas se obtienen por fundición a presión en cámara fría. Existen distintos tipos de toberas de entrada, según sean para tubos de escape Sleep-on (Fig.2.7), o para tubos de escape Bolt-on (Fig.2.8).



*Fig2.7. Tobera entrada Sleep-on*





Fig.2.8. Tobera entrada Bolt-on

Material: Para cualquier tipo de carcasa, las toberas son de fundición de Aluminio (99%), con una resistencia a la tracción de  $25 \text{ Kg/mm}^2$ .

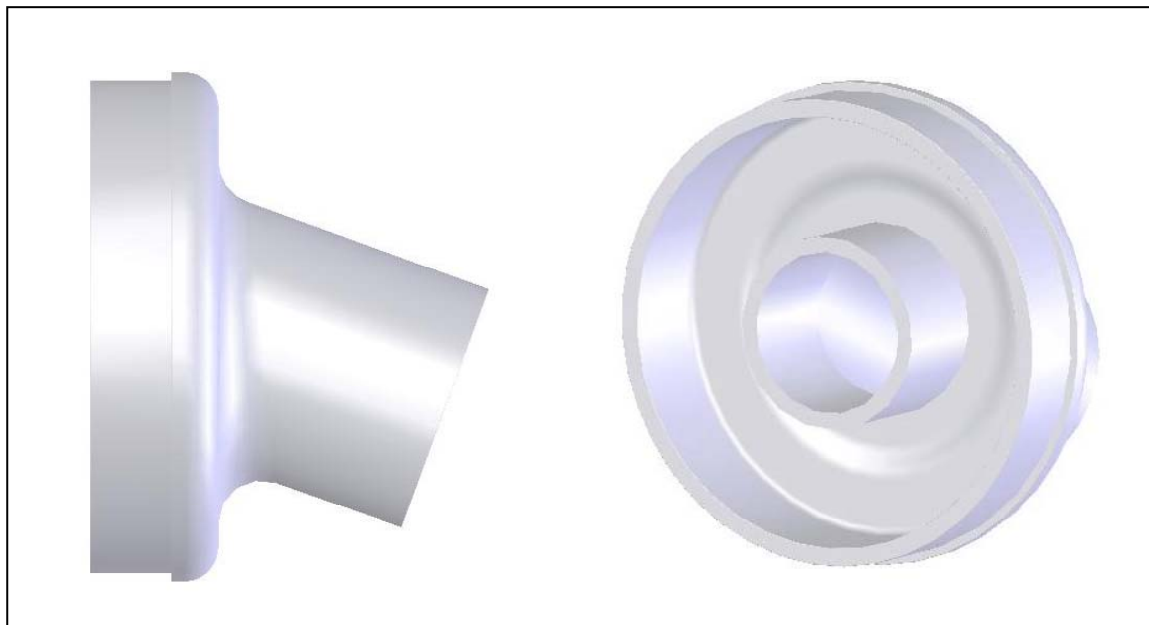
Tratamientos superficiales: Después de la fundición, estas piezas son sometidas a un tratamiento de pulido electrolítico para conseguir un mejor acabado.

Medidas y cotas principales: Las tolerancias de estas toberas se encuentran sobre un IT11. El diámetro exterior de la tobera es  $120^{+0.22}_0$  mm. El radio exterior de la pestaña de la tobera,  $\text{Ø}117^{+0}_{-0.22}$ , debe tener un ajuste con apriete ya que debe encajar con el diámetro interno de la carcasa. El diámetro interno de salida también tiene unas tolerancias estrechas,  $\text{Ø}40^{+0.16}_0$  mm, pues es donde va encajado el tubo interno en el caso de los tubos Sleep-on. En el caso de los tubos Bolt-on el diámetro de salida necesita unas tolerancias más estrechas,  $\text{Ø}73^{+0.02}_0$  mm, por lo que es en el único caso en que se mecaniza la tobera.

- **Tobera de salida:**

Esta tobera es la que da salida a los gases de combustión ya filtrados. La estética de ésta también es importante, pues forma parte del silenciador, propiamente dicho. Las toberas se obtiene por fundición de aluminio. La tobera de salida es igual para los dos tipos de tubos de escape, y tiene dos formas según la forma del tubo, oval o circular. (Fig.2.9).





*Fig.2.9. Tobera de Salida*

Material: Así mismo, se trata de piezas de aluminio fundido con las mismas propiedades mecánicas que las toberas anteriores.

Tratamientos superficiales: Estas piezas son sometidas a un tratamiento de pulido electrolítico para conseguir un mejor acabado.

Medidas y cotas principales: Como en la otra tobera, las cotas más importantes son las que deben encajar con otras piezas. El diámetro externo de la pestaña,  $\varnothing 117_{-0.22}^{+0}$  que debe encajar con el diámetro interno de la carcasa, y el diámetro interno de salida  $\varnothing 40_{-0}^{+0.16}$  mm, que deberá encajar con el tubo interno.

- **Tubo interno:**

Se trata del tubo interno del silenciador por donde pasan los gases de combustión. Éste les da salida directa al exterior, pero al estar perforado permite que los gases lleguen hasta la fibra de vidrio que atenúa el ruido (Fig.2.10).

En casos en los que se necesite elevada resistencia a la presión y absoluta impermeabilidad a los gases, este tubo interno tiene unos redoblones que actúan como atenuador especial para reducir el sonido (Fig.2.11).





Fig.2.10. Tubo interno salida



Fig.2.11. Tubo interno con redoblones

**Material:** Fabricado con chapa de acero inoxidable AISI 304, perforada mediante corte por láser, y soldado con aporte del mismo material para evitar la oxidación.

**Medidas y cotas principales:** El espesor de la chapa es de 0.6 mm, y el diámetro exterior del tubo una vez soldado es de  $40^{+0}_{-0.16}$  mm.

- **Envoltorio de fibra de vidrio:**

La fibra de vidrio es un material anticalórico y un buen absorbente acústico. Esta fibra de vidrio está aleada con elementos químicos preciosos que proporcionan una excelente resistencia a temperaturas de hasta 850°C en funcionamiento continuo y es capaz de soportar, sin daños, picos de 1000°C.

El diámetro y el largo de sus fibras aseguran una eficaz absorción acústica y una gran resistencia mecánica, que impide la dispersión de los gases de escape.

La sección de lana de vidrio está sobre los 0.2 m<sup>2</sup> y varía según el modelo de tubo de escape.

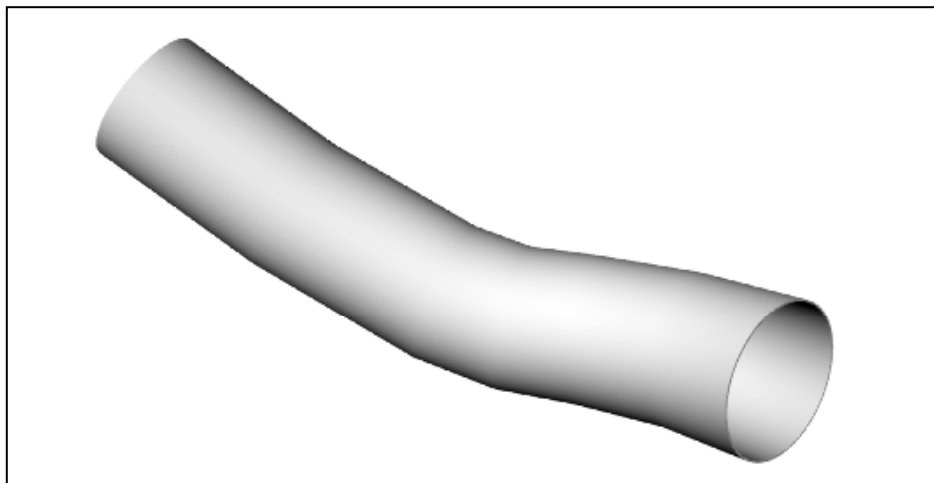
- **Tubo de enlace:**

Una de las características más importantes de este tipo de tubos de escape es su exclusividad, es decir, para cada modelo de moto se fabrica un específico silenciador y cada tubo se distingue del otro por el enlace. El tubo de enlace tendrá distinta forma según el modelo de moto, acoplándolo al máximo a ésta y conseguir la forma más aerodinámica de la moto y así un mayor rendimiento (Fig.2.12).

La función del tubo de enlace es la de dar salida a los gases quemados al salir del motor y enviarlos al silenciador.







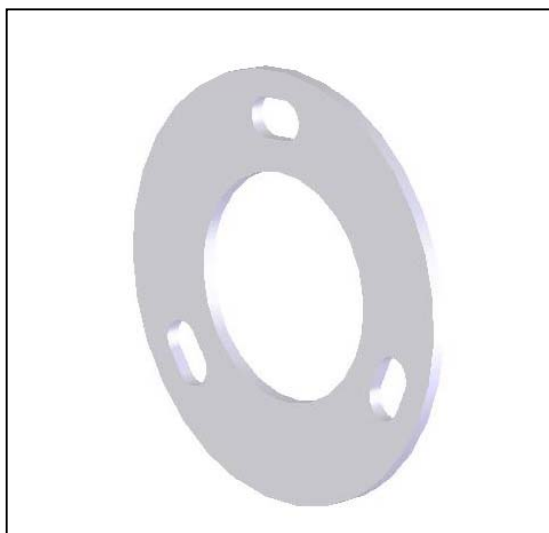
*Fig.2.12. Ejemplo Tubo de enlace*

**Material:** El tubo de enlace es de Acero inoxidable AISI-304 con una resistencia  $R_t=50-70 \text{ Kg/mm}^2$ .

**Medidas y cotas principales:** Los diámetros suelen variar según el modelo de moto y no tienen una sección constante. Aunque los más comunes son de 50.8, 43 o 38 mm de diámetro.

- **Platina inox:**

La platina sirve para unir el tubo de enlace al silenciador en el caso de tubos Sleep-on Circular. Se trata de una plancha circular de 3mm de espesor cortada por láser (Fig.2.13)



*Fig.2.13. Platina de enlace*

**Material:** Es una plancha de acero inoxidable AISI 304, como el resto de componentes internos del tubo.



Medidas y cotas críticas: El diámetro exterior,  $\varnothing 96_{-0.34}^{-0.12}$  mm, debe encaja con la tobera de entrada con ajuste móvil.

- **Cono:**

En los tubos Bolt-on, en el extremo de entrada de aire del tubo interno, lleva soldado un cono, que sirve para expandir los gases a la salida del silenciador. (Fig.2.14).

Material: Acero inoxidable AISI 304.

Medidas y cotas principales: El diámetro inferior del cono,  $40_{-0.16}^{+0}$  mm, va soldado al tubo interno. El diámetro mayor del cono debe de ser de tolerancias estrechas pues debe ajustar con la tobera de entrada,  $73_{-0.02}^{+0}$  mm. El espesor es de 1.5 mm.

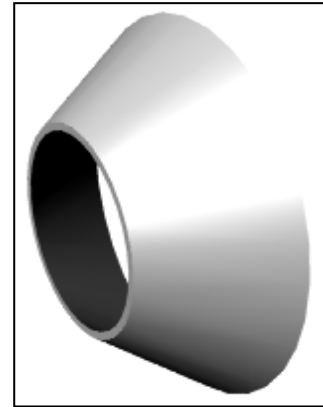


Fig.2.14. Cono

- **Muelles**

El tubo de enlace, de los tubos Sleep-on ovals, va unido a la tobera mediante dos muelles con ganchos en los extremos, que aplican presión entre ambas partes (Fig.2.15).



Fig.2.15. Muelles

Material: Son de acero inoxidable.

Medidas: De largo hacen 75 mm.

- **Accesorios**

Se entiendo por accesorios a todos los elementos necesarios para colgar el silenciador de la motocicleta. Estos no son iguales para cada modelo y dependen de las exigencias del cliente. Entre ellas encontramos:

- Abrazaderas de aluminio (Fig.2.16)
- Arandelas (Fig.2.17).



- Estructuras para el acompañante (Fig.2.18), etc.



*Fig.2.16. Abrazaderas de aluminio*



*Fig.2.17. Arandelas*



*Fig.2.18. Estructuras*





### **3. DESCRIPCIÓN DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN**

Todos los procesos de fabricación de tubos de escape “racing” son muy parecidos. Donde puede presentarse mayor diferencia de proceso es en el enlace del silenciador a la moto. Por ello, se ha optado por estudiar dos tipos de tubos de escape y que tengan distinto enlace: los tubos de escape Bolt-on, que van directamente unidos a la moto, y los tubos de escape Sleep-on, en los que el silenciador va unido a la moto mediante un tubo de enlace, que se adapta a las curvas y formas de la motocicleta.

Hemos visto que existen distintos tipos de materiales para la fabricación de la carcasa. Para el estudio de la línea de producción sólo tendremos en cuenta los tubos de Aluminio y los tubos de Acero inoxidable ya que son los más solicitados.

#### **3.2. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA SLEEP-ON**

Todos los modelos Sleep-on se caracterizan por estar formados por el silenciador unido a un tubo de enlace. De la misma manera, la línea de producción se caracteriza por tener una fase de fabricación del silenciador, una fase de fabricación del tubo de escape, que se realiza en paralelo, y una fase de ensamblaje del silenciador con el tubo interno.

La fabricación del silenciador se compone de cuatro estaciones:

- Fabricación de la carcasa.
- Inicio de montaje.
- Ensamblaje interno.
- Cerramiento del silenciador.

La fabricación del tubo de enlace se realiza en una única estación.

El ensamblaje del silenciador con el tubo de enlace se realiza en una estación, y finalmente se pasará al embalaje.

A continuación se muestra el diagrama de bloques de la línea Sleep-on (figura 3.1):



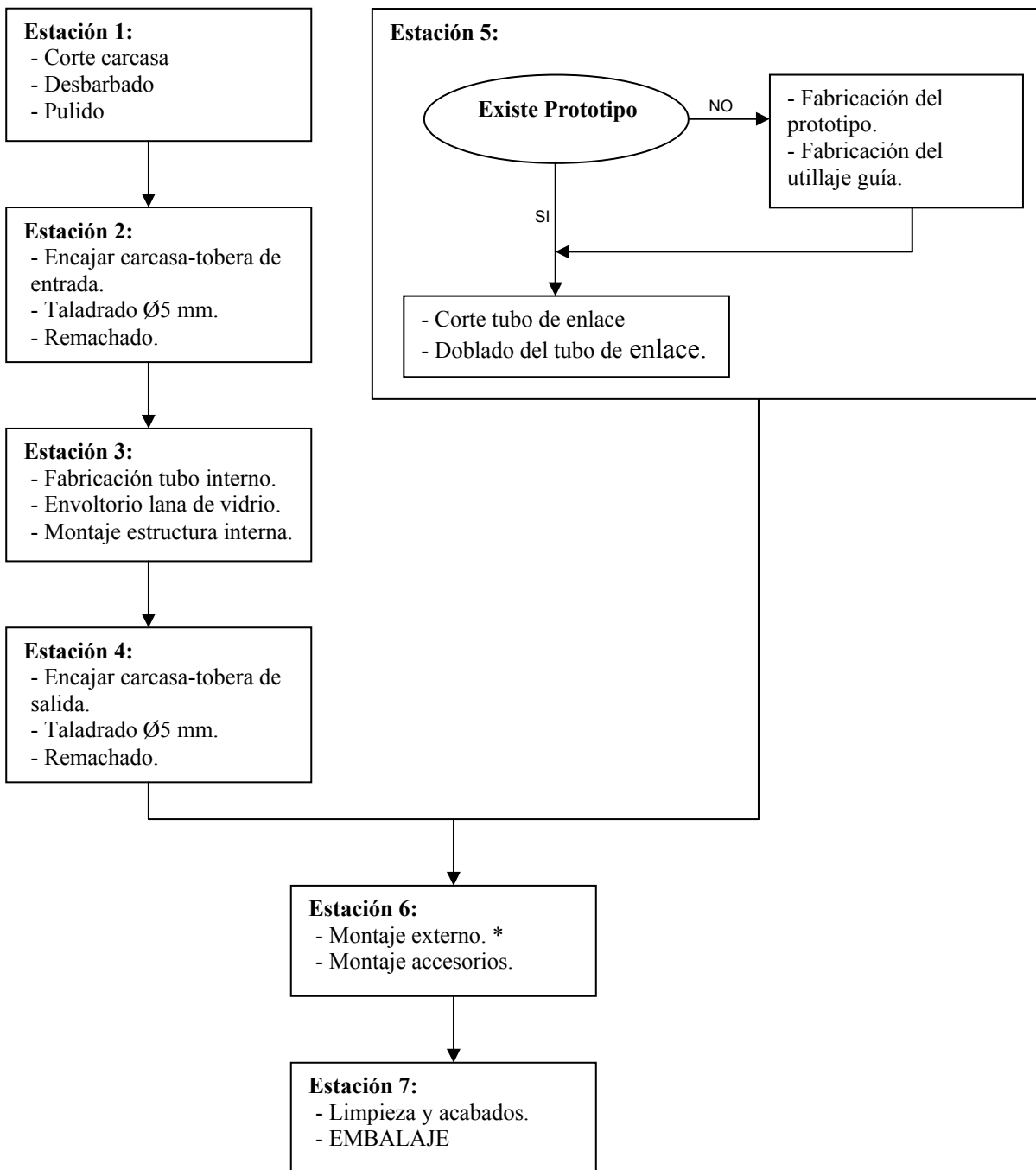


Fig.3.1. Diagrama de bloques del proceso de mecanizado Sleep-on

\* El montaje externo variará según se trate de silenciadores circulares o silenciadores ovales.



### 3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS LÍNEAS BOLT-ON

Este proceso se caracteriza por el mecanizado de las toberas de entrada y por la ausencia del tubo de enlace. Una vez llega el pedido, las toberas son enviadas a mecanizar, mientras tanto se van fabricando carcassas. Cuando las carcassas y las toberas de entrada están listas, puede empezar el montaje del silenciador. Cabe destacar que el ensamblaje interno del silenciador difiere al de la línea Sleep-on.

A continuación se muestra el diagrama de bloques de la línea Bolt-on (Figura 3.2):

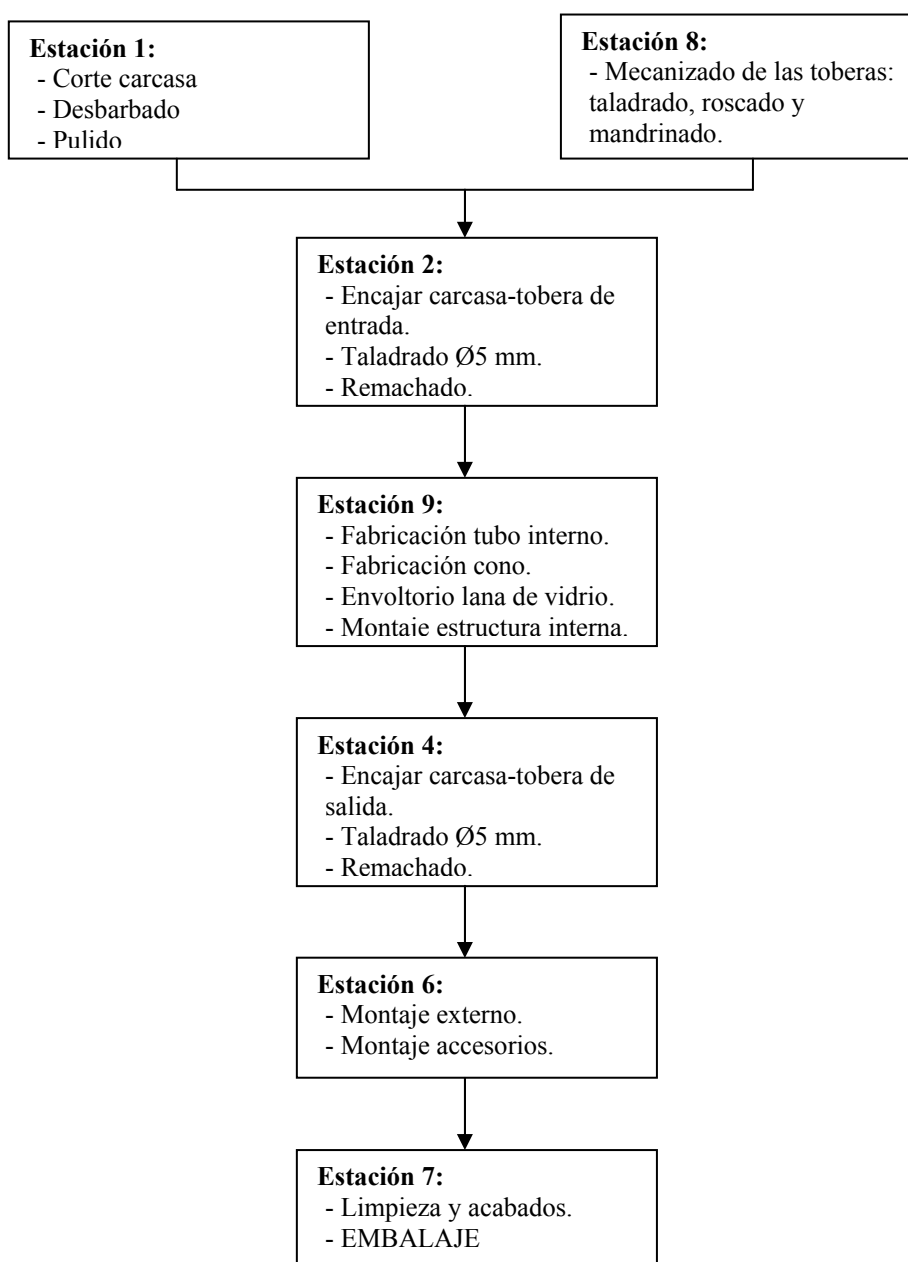


Fig.3.2. Diagrama de bloques del proceso de mecanizado Bolt-on



### 3.4. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES

#### 2.4.1. Estación 1

En la estación 1 se fabrica la carcasa del silenciador. Esta estación la componen las siguientes operaciones de mecanizado: corte, desbarbado y pulido. Estas tres operaciones se son iguales en todas las líneas de fabricación descritas.

- **Especificaciones de proceso:**

Corte de la carcasa: La carcasa o botella del silenciador se obtiene del corte de unos tubos circulares y ovals que llegan del proveedor con una longitud de 6m, y un espesor de 1,6mm. Los tubos se obtienen por extrusión y llegan del proveedor con los diámetros interiores y exteriores a las tolerancias finales de las carcasas. Dichos tubos se deben cortar en piezas de longitud  $L = 460 \pm 0.5$  mm.

Desbarbado: Una vez cortada la carcasa se procede desbarbarla para eliminar posibles restos de material enganchados.

Pulido: Se pulen las carcasas de Acero inoxidable y aluminio para obtener una superficie brillante. Las carcasas de fibra de carbono no es necesario pulirlas.

- **Especificaciones de calidad:**

Una vez pulidas las carcasas, deberán ser tratadas con el máximo cuidado, pues uno de los detalles más importantes en este tipo de tubos de escape es el aspecto externo.

Es importante comprobar los extremos cortados de las carcasas sean perpendiculares al eje central. En cuanto a las medidas, vemos que estas no tienen tolerancias demasiado estrechas ya que se trata de productos muy exclusivos que permiten una cierta holgura.

#### 3.4.2. Estación 2

En la estación 2 se inicia el montaje del silenciador. Se procede a unir la carcasa con la tobera de entrada de gases. Una vez unidas las dos partes mediante presión se taladrarán y remacharán para reforzar la unión.

- **Especificaciones de proceso:**

Taladrado: Una vez unidas la tobera de entrada con la carcasa, se realizan seis taladros que servirán para poder remachar a continuación. Los taladros son de diámetro  $5 \pm 0.05$  mm y una profundidad de unos 7 mm (distancia suficiente para atravesar la pared de





la carcasa y la de la tobera). Estos están situados a una distancia de  $10 \pm 0.1$  mm del extremo de la botella, con una separación de  $60^\circ$  entre ellos.

**Remachado:** Se introducen los vástagos en los taladros realizados anteriormente, y se remachan con una pistola remachadora. Para un diámetro de taladro de 5 mm, los vástagos correspondientes para remachar son de acero inoxidable de  $\varnothing 4.8$ mm y longitud 10.5 mm.

- **Especificaciones de calidad:**

Antes de empezar el montaje, el operario deberá asegurarse mediante un pie de rey o un calibre pasa no pasa que los diámetros interiores de la tobera sean los establecidos, en caso contrario se rechazará la pieza.

En el momento de taladrar, es importante que la distancia de los taladros al extremo de la botella sea bastante exacta, de lo contrario podría suceder que sólo se taladrara la carcasa, quedando la tobera mal sujeta.

### 3.4.3.- Estación 3

El ensamblaje interno del silenciador tiene lugar en la estación 3. Las operaciones que se realizan son las de fabricación de componentes y montaje de los mismos. Dichos componentes son: el tubo interno o tubo de chapa perforada, que da paso a los gases quemados en el motor, y el envoltorio de fibra de vidrio, que se coloca alrededor del tubo interno para amortiguar y suavizar el ruido.

- **Especificaciones de proceso:**

**Fabricación del tubo interno:** Se parte de una lámina de chapa perforada, que llega directamente cortada de proveedor, de manera que la anchura de la chapa es la del desarrollo de la circunferencia de la sección, es decir,  $A = 126$  mm, y la longitud es igual a la longitud de la carcasa 460mm. Se da forma cilíndrica a la chapa y a continuación se suelda formando el tubo interno.

En algunos casos, siempre a petición del cliente, se sueldan dos redoblones en parte interior del tubo que actúan como atenuadores especiales. Estos tienen forma de media circunferencia y tienen el mismo radio que el tubo interno. Se sitúan a igual distancia de los extremos y a 150 mm entre ellos.

**Envoltorio de fibra de vidrio:** Una vez obtenido el cilindro de chapa perforada éste se envuelve en fibra de vidrio, comprimiendo bien de la fibra de vidrio para que una vez



introducido el conjunto en el interior de la carcasa, la fibra se dilate y no queden huecos entre el tubo de chapa perforada y la pared interior de la botella.

**Montaje estructura interna:** Se introduce el tubo interno envuelto con la fibra de vidrio en el interior de la carcasa. Al introducirlo, el interior del tubo de chapa perforada debe encajar con la tobera de enlace de manera que quede fijo.

- **Especificaciones de calidad:**

Es importante comprobar con un calibre pasa no pasa que el diámetro del tubo interno sea de 40 mm, en caso de que fuera más grande el tubo no entraría dentro de la tobera, en caso que el diámetro fuera más pequeño el tubo entraría en la tobera pero quedaría suelto. También se debe comprobar que el cilindro interno no este desviado, es decir, hay que comprobar la perpendicularidad de su eje con la base.

Es importante que haya la suficiente fibra de vidrio para que rellene todo el espacio hueco entre la carcasa y el tubo interno, de lo contrario absorbería mal el ruido, no sería eficiente.

#### 3.4.4. Estación 4

En la estación 4 se finaliza el montaje del silenciador. Es decir se cierra el silenciador con la tobera de salida. Se realizan las mismas operaciones, de encaje, taladrado y remachado, que en la estación 2.

- **Especificaciones de proceso:**

El operario deberá tener mucho cuidado a la hora de encajar la tobera de salida de gases con el resto del silenciador, puesto que ahora no sólo deberá encajar la tobera con la carcasa sino también con el tubo interno.

Las operaciones de remachado y taladrado se realizan de la misma forma que en la estación 2 (Ver apartado 3.4.2).

- **Especificaciones de calidad:**

Antes de empezar el montaje, el operario deberá asegurarse mediante un pie de rey o un calibre pasa no pasa que los diámetros interiores de la tobera de salida sean los establecidos y no inferiores.



Así mismo, igual que en la estación 2, en el momento de taladrar, es importante que la distancia de los taladros al extremo de la botella sea bastante exacta, de lo contrario podría suceder que sólo se taladrara la carcasa, quedando la tobera mal sujeta.

### 3.4.5. Estación 5

Las operaciones de la estación 5 se realizan en paralelo a la fabricación del silenciador. Estas operaciones son: la fabricación del tubo de enlace y la fabricación del utillaje guía. Para la fabricación del tubo de enlace será necesario, realizar un prototipo de éste para conocer la forma que deberá tener. A partir del prototipo se realiza un utillaje guía que sirve para ver en que posición se ha de unir el tubo de enlace en relación con el silenciador.

#### - **Especificaciones de proceso:**

Fabricación del prototipo: Para conseguir un tubo de enlace que se adapte perfectamente a cada modelo de moto hay que construir un prototipo distinto para cada modelo de tubo de escape.

El examen del tubo de escape original y, en su caso, el examen del lateral del vehículo donde se colocará el tubo de escape, sirven para fijar los parámetros imperativos como son: dimensiones y formas de los cuerpos de silenciador, posición de los puntos de fijación, dimensiones y formas (curvaturas) de los tubos, posición y diámetro de los puntos de enlace. Según las tolerancias admitidas, las herramientas y los componentes existentes o a crear, se crea un prototipo.

El prototipo también servirá para la fabricación del utillaje, que será necesario para unir el tubo de enlace al silenciador.

Fabricación del utillaje guía: Se fabrica un utillaje guía para cada modelo de tubo de escape. Se trata de un proceso totalmente manual que parte siempre de un útil base común a todos los modelos. Este utillaje sirve para apoyar el tubo de enlace sobre él y así fijar su posición respecto al silenciador.

Cote del tubo de enlace: Para la obtención del tubo de enlace se parte de un tubo circular de acero AISI 304 de diámetros que pueden variar según el modelo de moto, pero los más comunes son los de 38, 43 y 50.8mm de diámetro y longitudes de unos 6 m. Estos tubos se cortan en tubos de longitudes que dependen de los requerimientos de cada modelo.



El prototipo realizado anteriormente servirá de guía para saber los radios de giro, las inclinaciones necesarias y a que distancias deben estar.

Doblado del tubo de enlace: El tubo cortado se dobla por diferentes secciones y ángulos diversos. Estos ángulos y cambios de plano serán los obtenidos en el prototipo.

- **Especificaciones de calidad:**

El tubo de enlace debe realizarse lo más ajustado posible al perfil de la moto, para que esta tenga una buena aerodinámica.

### 3.4.6. Estación 6

En esta estación se realiza el ensamblaje externo del tubo de escape. Para el montaje del tubo de enlace con el silenciador se distinguen dos procesos según sea la carcasa oval o circular.

En la estación 6 también se procede a la colocación de todos los accesorios necesarios (abrazaderas, arandelas, presillas, etc), para poder colgar el tubo de escape a la moto. En este tipo de tubos de escape, la forma de sujetar el tubo de escape será diversa según el modelo de motocicleta, además se colocan otros accesorios, como los estribos para el acompañante, según las exigencias del cliente.

- **Especificaciones de proceso:**

Encaje del tubo de enlace al silenciador: Distinguimos dos casos según se trate de un silenciador circular o uno oval:

1) En los tubos con botella circular, la tobera de entrada viene con tres brocas hechas directamente de proveedor. El fundidor después de realizar la pieza, con un macho de roscar, mecaniza las tres roscas. A esta tobera se encaja una platina de acero inoxidable, que viene cortada por láser con las medidas justas y con tres agujeros que coinciden con las brocas de la tobera. Se trata de 3 tornillos de métrica M8x12, que unirán la platina a la tobera de entrada.

2) En los tubos con botella oval, el tubo de enlace va encajado a la tobera de entrada y unido a esta mediante dos muelles de longitud 75 mm, situados a 180° el uno del otro. Para poder enganchar los muelles, se deberán soldar al tubo de enlace dos presillas, a una distancia de 90mm del extremo y a 180° entre ellas.



Montaje de accesorios: El montaje de accesorios dependerá de las exigencias del cliente. Aunque normalmente es suficiente con una abrazadera o una presilla, unida a la carcasa del silenciador.

- **Especificaciones de calidad:**

La soldadura de los accesorios ha de ser de alta calidad pues una vez colgado el tubo en la moto, estos puntos estarán sometidos a altas tensiones.

### 3.4.7. Estación 7

Es la última estación de toda la línea productiva. En ésta se limpian los tubos de escape y se les da los últimos acabados para poder embalarlos.

- **Especificaciones de calidad:**

Se limpian los tubos de escape para eliminar todas las partículas de polvo que haya recogido durante el proceso productivo.

Los tubos de escape se embalan en cajas individuales para que no haya roces y evitar posibles rayadas y abolladuras, garantizando así la calidad del producto.

### 3.4.8. Estación 8

Esta estación pertenece sólo a los procesos de tubos Bolt-on, donde no existe el tubo de enlace, sino que es necesario hacer unos taladros roscados en las toberas de entrada para collar el silenciador a los colectores de la moto. Estas operaciones en la actualidad se realizan fuera de la empresa, por subcontratación.

- **Especificaciones de proceso:**

Taladros tobera de entrada: En ellas se deben realizar 3 taladros roscados de métrica M8x25 que servirán para collar el silenciador a los colectores de la moto. Estos taladros no vienen hechos directamente de fundición, como en el caso de las toberas Sleep-on, puesto que los taladros estarán en posiciones distintas según el modelo de moto.

Torneado diámetros interiores: Para estandarizar al máximo los componentes de todos los modelos de escape se utilizan las mismas toberas de salida. Esto implica que para los tubos Bolt-on sea necesario mandrinar los diámetros internos de las toberas, ya que los diámetros del tubo interno son más grandes que los de los tubos Sleep-on.



- **Especificaciones de calidad:**

La situación de los taladros debe ser muy precisa, ya que el silenciador se une a través de estos taladros al colector de la moto. Las tolerancias de las cotas de posición de estos taladros son muy estrechas.

### 3.4.9. Estación 9

La estación 9 del proceso de tubos Bolt-on corresponde al montaje interno del silenciador. La diferencia con la estación 3 se remarca en la fabricación del tubo interno. Éste está formado por el cilindro de chapa perforada más un cono que se ensancha en su extremo, para un mejor acoplamiento con los colectores de la moto.

- **Especificaciones de proceso:**

Fabricación tubo interno: El cilindro de chapa perforada se obtiene de igual modo que en el otro tipo de silenciadores.

Fabricación del cono: Este tipo de silenciadores lleva soldado al tubo interior un cono. El diámetro inferior del cono será de 43 mm y el diámetro mayor será de 73 mm. De manera que al unir el silenciador a los colectores de la moto estos no irán únicamente unidos por los tornillos sino que el diámetro de 73 mm encajará perfectamente con el colector.

Envoltorio de fibra de vidrio: Se envuelve el tubo interior de igual modo que en casos anteriores.

- **Especificaciones de calidad:**

Es importante comprobar con un calibre pasa no pasa que el diámetro del tubo interno sea de 40 mm. También se debe comprobar que el cilindro interno no esté desviado, es decir, hay que comprobar la perpendicularidad de su eje con la base.

El cono tiene que estar muy bien soldado, en caso contrario podría abrirse con las presiones de los gases y provocar fugas.

También es importante que haya la suficiente fibra de vidrio para que rellene todo el espacio hueco entre la carcasa y el tubo interno, de lo contrario absorbería mal el ruido, no sería eficiente.



## 4. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LAS LÍNEAS

### 4.1. ANÁLISIS GENERAL DE LAS LÍNEAS

Cada uno de los modelos de tubos de escape que se realizan en la fábrica sigue un proceso de fabricación distinto. El hecho que la mayor parte de las operaciones sean manuales hace que se trate de línea productiva muy flexible, y gracias a ello, se puede ir adaptando la línea según las necesidades de producción.

A continuación se muestra un layout de la planta donde se indican las máquinas y los bancos de trabajo de cada una de las estaciones (figura 4.1).

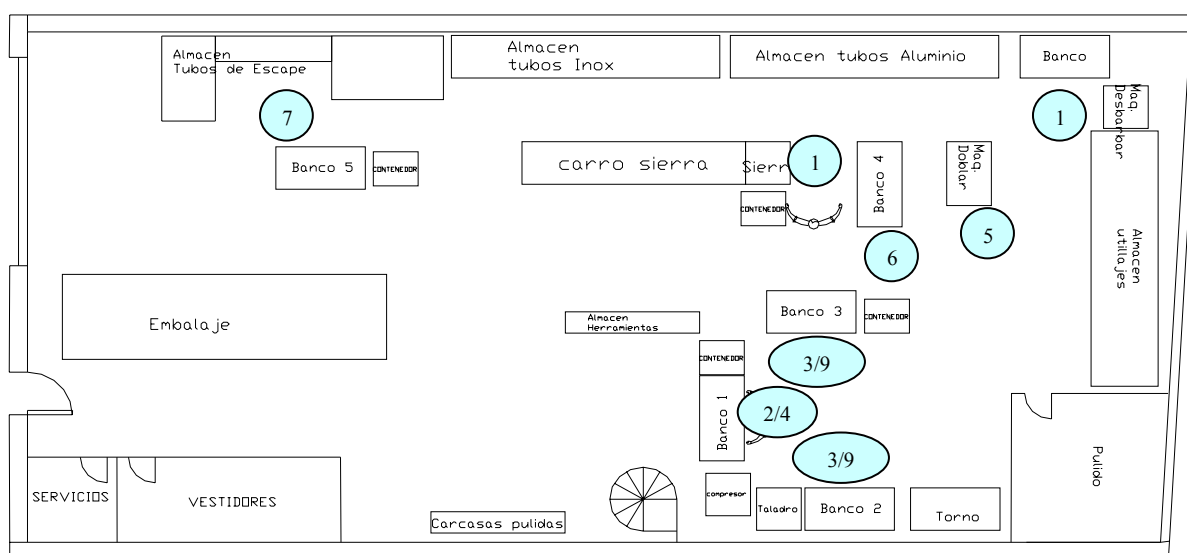


Fig.4.1. Layout general de la línea productiva

### 4.2. ANÁLISIS DE LAS ESTACIONES

#### 4.2.1. Análisis de la estación 1: Fabricación carcasa

- **Máquinas e útiles:**

Para realizar las operaciones de corte, desbarbado y pulido, se utilizan las siguientes máquinas:

- Una Sierra de Cinta Bimetal.
- Una máquina de desbarbar manual, de cinta abrasiva.
- Una pulidora de pie manual con dos cepillos motorizados de 300 mm de diámetro.



Actualmente la operación de pulido se realiza parcialmente dentro de la empresa, es decir, sólo se pulen los tubos de Acero inoxidable. Los tubos de aluminio se llevan a pulir fuera, a una empresa especializada en tratamiento de aluminio. Así puede ofrecer al cliente mayor calidad y diversidad de productos, ya que algunas carcasa son pintadas de manera que se obtiene un efecto “techno”. Los tubos de fibra de carbono no es necesario pulirlos.

Respecto a la distribución de las máquinas de esta estación, éstas no se encuentran juntas en una misma zona sino que están repartidas por la planta, tal como vemos en el layout general de la planta (fig.4.1). Esto supone que la producción en esta estación no pueda ser en serie, además de alargar los tiempos de ciclo debido a las grandes distancias entre máquinas.

A continuación se muestran, en la tabla 4.1, las distancias actuales a recorrer:

	<b>Distancias (m)</b>
Sierra – Maq. Desbarbar	8
Maq. Desbarbar - Pulidora	8.7

*Tabla 4.1. Distancias estación 1*

- **Proceso de trabajo:**

El proceso de trabajo que se lleva a termino en la estación 1 es:

- 1) El operario carga la sierra con el tubo a cortar. Cierra las garras, baja la sierra y la pone en marcha.
  - 2) El operario para la sierra. La abre y abre las garras.
  - 3) El operario descarga el tubo cortado y lo coloca en el contenedor.  
Repetirá los mismos pasos hasta obtener un lote.
  - 4) El operario transporta el contenedor con ruedas hasta la máquina de desbarbar.
  - 5) El operario coge una carcasa del contenedor, pone en marcha la máquina y aguanta la carcasa todo el tiempo de mecanizado.
  - 6) Para la máquina y deja la carcasa en el contenedor.
- Una vez finalizado todo el lote, si se trata de tubos de Acero inoxidable:
- 7) El operario lleva el contenedor (carro) hasta la máquina de pulir.
  - 8) El operario coge una carcasa del contenedor, pone en marcha la máquina y aguanta la carcasa todo el tiempo de mecanizado.
  - 9) Para la máquina y deja la carcasa en el contenedor.





- **Tiempos de ciclo de la estación 1**

A continuación vemos una tabla que resume los tiempos de operación de la estación 1 (Ver C.1.3). En ésta se especifica los tiempos de trabajo del operario más los tiempos de mecanizado.

	<b>T<sub>Tmec</sub></b> <b>(min/u)</b>		<b>T<sub>Oper.</sub></b> <b>(min/u)</b>		<b>T<sub>Total</sub></b> <b>(min/u)</b>	
	<b>Al</b>	<b>Acero</b>	<b>Al</b>	<b>Acero</b>	<b>Al</b>	<b>Acero</b>
<b>OP10: Corte carcasa</b>	0.9	0.9	0.1215	0.1215	1.0215	1.0215
<b>Despl. Sierra - M.Desbarbar</b>	-	-	0.0188	0.0188	0.0188	0.0188
<b>OP20: Desbarbado</b>	0.95	0.95	0.0473	0.0473	0.9973	0.9973
<b>Despl. M.Desbarbar – Pulidora</b>	-	-	-	0.0144	-	0.0144
<b>OP30: Pulido</b>	-	0.95	-	0.0473	-	0.9973
<b>Tiempo ciclo estación 1</b>					<b>2.0376</b>	<b>3.0493</b>

Tabla 4.2. Tiempos estación 1

#### 4.2.2 Análisis de la estación 2: Inicio montaje del silenciador

- **Maquinaria e útiles**

Para llevar a termino las operaciones de la estación 2 actualmente son necesarias los siguientes recursos:

- Taladro de columna manual.
- Remachadora de pistola hidroneumática.
- Banco de trabajo(1).

Como vemos en el layout general de la planta (Fig.4.1), el banco de trabajo 1 y el taladro de columna están contiguos, y la pistola remachadora se encuentra sobre el banco. Por lo tanto el tiempo de desplazamiento del operario no es significativo.

- **Proceso de trabajo**

El proceso de montaje y mecanizado de la estación 2 lo realiza todo un solo operario:

- 1) El operario coge una carcasa del contenedor y la sitúa verticalmente en el banco de trabajo.
- 2) Coge el tubo de silicona y aplica un hilo de silicona en el extremo interior de la botella.
- 3) Coge la tobera de entrada y la encaja manualmente en el extremo de la carcasa.
- 4) Hace seis marcas alrededor de la carcasa donde deberá hacer los taladros.



- 5) Coloca el conjunto carcasa-tobera de entrada sobre la mesa del taladro.
- 6) Pone en marcha el taladro, para el taladro.
- 7) Gira el conjunto 60 grados, manualmente.

El operario repite 6) y 7) hasta haber hecho seis taladros alrededor del perímetro de la carcasa.

- 8) Coge el conjunto y lo sitúa verticalmente sobre el banco de trabajo 1.
- 9) Coge un vástago de acero y lo introduce en uno de los taladros realizados.
- 10) Coge la remachadora, remacha y deja la máquina otra vez sobre el banco.

El operario realiza las operaciones 9) y 10) repetidamente hasta haber remachado la carcasa y la tobera por los seis puntos.

Como vemos se trata de una estación totalmente manual que requiere una atención total del operario. Por lo tanto no podrá hacer ninguna otra operación mientras tanto.

• **Tiempos de ciclo de la estación 2**

A continuación se muestra una tabla resumen con los tiempos de las operaciones de la estación 2 (Ver C.1.1.3).

	<b>T<sub>Operario</sub> (min/u)</b>	<b>T<sub>Mecanizado</sub> (min /u)</b>	<b>T<sub>total</sub> (min /u)</b>
<b>OP40: Inicio montaje</b>	0.5019	-	0.5019
<b>OP50: Taladrado</b>	0.0979	1.4	1.4979
<b>OP60: Remachado</b>	1.006	-	1.006
<b>Tiempo ciclo estación 2</b>			<b>3.0058</b>

*Tabla 4.3. Tiempos estación 2*

**4.2.3. Análisis estación 3: Ensamblaje interno del silenciador Sleep-on**

• **Máquinas e útiles**

Para realizar el ensamblaje interno del silenciador son necesarios los siguientes recursos:

- Dos bancos de trabajo.
- Un utillaje especial para la formación del tubo interno. Se trata de una mordaza en forma de U y un rodillo que tiene el diámetro que queremos para el interior del tubo.
- Una soldadora de hilo continuo.
- La fibra de vidrio se encuentra en forma de rollos de 5x0.64 m y un espesor de 10 mm.

Como vemos en el layout general de la planta (fig.4.1), el banco de trabajo 2 (donde se realiza el cilindrado del tubo interno y la soldadura) y el banco 3 (donde se encuentra el rollo



de fibra de vidrio), están situados el uno en frente del otro a una distancia de metro y medio. Se considera que los tiempos de desplazamiento dentro de esta estación no son significantes.

- **Proceso de trabajo**

Un solo operario será el que realizará todo el proceso:

- 1) El operario coge una plancha de chapa perforada .
- 2) Sitúa la plancha sobre el utillaje o mordaza en forma de U.
- 3) Coge un mandril y da forma a la chapa. Suelta el mandril.
- 4) Coge el soldador y forma el cilindro de chapa perforada ( o tubo interno).Suelta el soldador.
- 5) El operario coge el tubo interno y lo lleva al banco de trabajo 3.
- 6) Estira la fibra de vidrio y recorta una sección de unos 0.192 m<sup>2</sup>.
- 7) Envuelve el tubo interno con la fibra de vidrio.
- 8) Coge el conjunto carcasa-tobera de entrada, montado anteriormente.
- 9) Introduce el tubo interno envuelto en fibra de vidrio dentro de la carcasa.
- 10) Se asegura que esté bien encajado con la tobera de entrada.

- **Tiempos de ciclo de la estación 3**

Como vemos en la tabla resumen que hay a continuación, la operación más larga de esta estación es el mecanizado del tubo interno (Ver C.1.1.3).

	<b>T<sub>Operario</sub> (min/u)</b>	<b>T<sub>Mecanizado</sub> (min /u)</b>	<b>T<sub>total</sub> (min /u)</b>
<b>OP70: Mecanizado tubo interno</b>	2.9130	-	2.9130
<b>Despl. Banco 2 – Banco 3</b>	0.0627	-	0.0627
<b>OP80: Envoltorio tubo interno</b>	0.9987	-	0.9987
<b>Despl. Banco 3– Banco 1</b>	0.0459	-	0.0459
<b>OP90: Ensamblaje interno</b>	0.9996	-	0.9996
<b>Tiempo ciclo estación 3</b>			<b>5.0199</b>

*Tabla4.4. Tiempos estación 3*

#### 4.2.4. Análisis de la estación 4:Cierre del silenciador

- **Maquinaria e útiles**

Todas las operaciones de esta estación se realizan en el mismo lugar donde se realizan las operaciones de la estación 2.



- **Proceso de trabajo**

El operario seguirá el mismo procedimiento de trabajo de la estación 2.

- **Tiempos de ciclo de la estación 4**

Tal como vemos en el diagrama de Gantt general (Ver C.1.1.3) los tiempos de operación son igualmente equivalentes a los tiempos de inicio de montaje del silenciador.

A continuación se muestra una tabla resumen de los tiempos totales de operación.

	<b>T<sub>Operario</sub> (min/u)</b>	<b>T<sub>Mecanizado</sub> (min /u)</b>	<b>T<sub>total</sub> (min /u)</b>
<b>OP100: Inicio montaje</b>	0.5019	-	0.5019
<b>OP110: Taladrado</b>	0.0979	1.4	1.4979
<b>OP120: Remachado</b>	1.006	-	1.006
<b>Tiempo ciclo estación 4</b>			<b>3.0058</b>

*Tabla 4.5. Tiempos estación 4*

#### 4.2.5. Análisis de la estación 5: Fabricación tubo de enlace

- **Máquinas e útiles:**

Para llevar a cabo las operaciones de esta estación se utilizan los siguientes elementos:

- Un banco de trabajo.
- Una soldadora de hilo continuo y una soldadora TIG.
- Sierra de cinta bimetálica.
- Una máquina curvadora manual, más un dial.

Como vemos en el layout general (Fig.4.1) La curvadora y el banco de trabajo se encuentran uno frente al otro, la sierra esta relativamente cerca pero debe rodear el banco 4 para llegar hasta ella. Las distancias a recorrer dentro de la estación son:

	<b>Distancias (m)</b>
Dist. Estación 4 - 5 (Banco 1 – Sierra)	8
Dist. Sierra - Curvadora	4.5
Dist. Curvadora - Banco 4	1

*Tabla 4.6. Distancias estación 5*

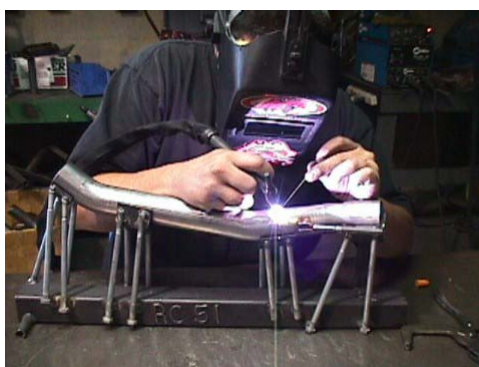
- **Proceso de trabajo**

El proceso de fabricación del prototipo y del utillaje guía será el mismo para todos los modelos de tubos de escape, independientemente de la forma de la carcasa del silenciador.



Fabricación del prototipo: Se trata de un proceso largo y laborioso. Tomando el modelo de moto del cual se está haciendo el tubo de escape, y a partir del silenciador original colocado en la posición correcta, el operario va haciendo pruebas con pequeños tubos de distintas curvaturas, que se irán soldando hasta encontrar todo el recorrido del tubo que mejor se ajuste al contorno de la moto.

Fabricación del utillaje guía: Para su construcción, se presenta el prototipo en una base, que fija la posición de la carcasa y el final del tubo de enlace. A partir de aquí se van soldando varias varillas y barras de acero a la base hasta conseguir un apoyo tal que el tubo de enlace no pueda moverse. (Fig. 4.2)



*Fig. 4.2. Fabricación utillaje guía*

El proceso de doblado: El doblado del tubo de enlace se realiza en una dobladora manual, de manera que el operario será el encargado de ir introduciendo en la escala de grados de la máquina, el ángulo de giro que se pretende conseguir cada vez. Además, con la ayuda de un dial podrá calcular los ángulos de inclinación del tubo. Una vez introducido el ángulo, él mismo deberá activar el avance y pararlo cuando sea oportuno.

- 1) El operario carga la sierra con el tubo a cortar.
- 2) Cierra las garras, baja la sierra y la pone en marcha.
- 3) El operario para la sierra. La abre y abre las garras.
- 4) El operario coge el tubo cortado y va hasta la dobladora.
- 5) Introduce el tubo en la dobladora.
- 6) Enciende la máquina y pone en marcha el avance.
- 7) Para el avance e introduce el ángulo a doblar.
- 8) Pone en marcha el doblado, para el doblado al finalizar.
- 9) Con ayuda de un dial, gira el tubo para obtener un cambio de plano.



- 10) Pone en marcha el avance.
- 11) Para el avance e introduce el ángulo a doblar.
- 12) Pone en marcha el doblado, para el doblado al finalizar.
- 13) Pone en marcha el avance para sacar el tubo.
- 14) Para el avance y para la máquina.
- 15) El operario coge el tubo y se va al banco 4.

Para conseguir que el tubo de enlace encaje perfectamente con la entrada de la tobera, con la ayuda de una pequeña prensa que tiene la misma dobladora, se estrechará o ensanchará el extremo del tubo según sea éste de mayor o menor diámetro que la entrada de la tobera.

• **Tiempos de ciclo de la estación 5**

La estación 5 es la estación más larga y laboriosa de todo el proceso productivo, tal como nos indica el diagrama de Gantt Sleep-on (ver anexo C.1.1.3). A continuación los tiempos de ciclo actuales para esta estación:

	<b>T<sub>Operario</sub> (min/u)</b>	<b>T<sub>Mecanizado</sub> (min /u)</b>	<b>T<sub>total</sub> (min /u)</b>
<b>OP130: Fab. Prototipo + Utillaje</b>	48	-	48
<b>OP145: Corte tubo enlace</b>	0.1215	0.9	1.0215
<b>Despl. Sierra - Curvadora</b>	0.0025		0.0025
<b>OP145: Doblado tubo enlace</b>	18.9643	-	18.9643
<b>Tiempo ciclo estación 5</b>			<b>67.9883</b>

*Tabla 4.7. Tiempos estación 5*

**4.2.6. Análisis de la estación 6:Ensamblaje externo**

• **Máquinas e útiles**

Para llevar a cabo las operaciones de la estación 6 son necesarios los siguientes elementos:

- Un banco de trabajo.
- El utillaje guía.
- Una soldadora de hilo continuo y una soldadora TIG.

La estación 6 se lleva a cabo en el banco 4, junto a la máquina curvadora.



- **Proceso de trabajo**

La unión del tubo de enlace al silenciador: Es un proceso totalmente manual. A continuación se describen los dos procesos existentes según se trate de silenciadores circulares o bien silenciadores ovales.

**En el proceso de montaje para los tubos circulares** el operario debe:

- 1) Soltar el tubo de enlace encima del banco.
- 2) Coger silenciador y colocarlo encima del utillaje guía.
- 3) Coger platina y encajarla a la tobera de entrada.
- 4) Coger tornillo y roscarlo a la tobera de entrada.
- 5) Coger tornillo y roscarlo a la tobera de entrada.
- 6) Coger tornillo y roscarlo a la tobera de entrada.
- 5) Coger el tubo de enlace y colocarlo encima del utillaje guía.
- 6) Coger soldadora y soldar el tubo de enlace a la platina. Soltar soldadora.

**El proceso de montaje de los tubos ovales** es:

- 1) Colocar tubo encima del utillaje guía.
- 2) Coger silenciador y colocarlo encima del utillaje guía.
- 3) Coger tubo de silicona y aplicar un hilo en el interior de la tobera de entrada.
- 4) Encajar el tubo de enlace a la tobera.
- 5) Coger soldadora, coger presilla 1 y soldarla al tubo de enlace.
- 6) Coger presilla 2 y soldarla al tubo de enlace. Soltar soldadora.
- 7) Coger un muelle y colocarlo.
- 8) Coger el segundo muelle y colocarlo.

El proceso para el montaje de accesorios es:

- 1) Coger una abrazadera y rodear el tubo con ella, dando así forma a la abrazadera.
- 2) Coger las tuercas y posicionarlas en la abrazadera.
- 3) Collar las tuercas ajustando la abrazadera al silenciador.

Con la ayuda del utillaje guía se sabe donde irán fijados todos los accesorios necesarios que se hayan de soldar. Dichos accesorios se soldan mediante soldadura Tig. Otros accesorios como las abrazaderas no van soldados sino simplemente ajustados mediante tuercas.



- **Tiempos de ciclo de la estación 6**

Los tiempos de esta estación serán distintos según se trate de tubos Bolt-on o Sleep-on, ya que en los primeros no existe ningún ensamblaje externo del tubo de enlace. En los tubos de escape Sleep-on, a pesar que el montaje exterior sea distinto según se trate de tubos ovales o circulares, la media de tiempos de operario es la misma, así como los tiempos de mecanizado (ver C.1.1.3).

	<b>T<sub>Operario</sub> (min/u)</b>	<b>T<sub>Mecanizado</sub> (min /u)</b>	<b>T<sub>total</sub> (min /u)</b>
<b>OP150: Ensamblaje externo</b>	10.01	-	100.1
<b>OP160: Montaje de accesorios</b>	10	-	10
<b>Tiempo ciclo estación 6 (Sleep-on)</b>			<b>20.01</b>
<b>Tiempo ciclo estación 6 (Bolt-on)</b>			<b>10</b>

Tabla 4.8. Tiempos estación 6

#### 4.2.7. Análisis de la estación 7: Acabados y embalaje

Disponen de un banco de trabajo para apoyar los tubos de escape durante la limpieza. Y una zona para el embalaje de los tubos.

La zona de trabajo de esta estación está situada junto a la puerta de entrada y salida de mercancías. Esto facilita las maniobras de los toros para cargar y descargar los lotes acabados.

- **Tiempos de ciclo de la estación 7**

Los tiempos de esta estación son distintos según se trate de un tubo Sleep-on o Bolt-on (ver C.1.1.3)

	<b>T<sub>Operario</sub> (min/u)</b>	<b>T<sub>Mecanizado</sub> (min /u)</b>	<b>T<sub>total</sub> (min /u)</b>
<b>OP170: Limpieza y embalaje (Sleep-on)</b>	7	0	7
<b>OP170: Limpieza y embalaje (Bolt-on)</b>	5	0	5

Tabla 4.9. Tiempos estación 7

#### 4.2.8. Análisis de la estación 8

Las operaciones de la estación 8 se realizan todas fuera de la planta. Las toberas son llevadas a un tornero, quien realiza todas las operaciones, tanto el torneado interior como los taladros roscados.





- **Proceso de trabajo**

Una vez se sabe que modelo se ha de fabricar y se obtienen los planos de las toberas correspondientes, éstas se envían a la empresa subcontratada para que las mecanice. La empresa externa tarda aproximadamente de 3 a 4 días (según el número de toberas) en devolver las toberas mecanizadas.

- **Tiempos de ciclo de la estación 8**

Es el tiempo desde que se envían las toberas a la empresa externa hasta que las devuelven mecanizadas. Para mecanizar un lote de 10 unidades tardan:

$$T_{E8} = 360 \text{ min/lote}$$

#### 4.2.9. Análisis de la estación 9: Ensamblaje interno del silenciador Bolt-on

- **Máquinas e útiles**

Para realizar el ensamblaje interno del silenciador son necesarios los siguientes recursos:

- Dos bancos de trabajo.
- Un utillaje especial para la formación del tubo interno. Se trata de una mordaza en forma de U y un rodillo que tiene el diámetro que queremos para el interior del tubo.
- Una soldadora de hilo continuo.
- Estampa, para la formación del cono a partir de dos tubos de diámetros 43 y 73 mm respectivamente.
- La fibra de vidrio se encuentra en forma de rollos de 5x0.64 m y un espesor de 10 mm.

En esta estación las distancias entre los bancos de trabajo y la estampa si que son significativas.

	<b>Distancias (m)</b>
Dist. Curvadora - Banco 2	7.5

*Tabla 4.10. Distancias estación 9*

- **Proceso de trabajo**

Un solo operario será el que realizará todo el proceso:

- 1) El operario coge una plancha de chapa perforada .
- 2) Sitúa la plancha sobre el utillaje o mordaza en forma de U.
- 3) Coge un mandril y da forma a la chapa. Suelta el mandril.



- 4) Coge el soldador y forma el cilindro de chapa perforada ( o tubo interno). Suelta el soldador.
- 5) Se desplaza desde el banco 2 hasta la curvadora.
- 6) Selecciona las matrices inferior y superior y las coloca en el yunque y el martillo respectivamente.
- 7) Coge un tubo de diámetro 43 y lo coloca en la matriz inferior.
- 8) Pone en marcha la máquina. Para la máquina y saca el cono formado.( un extremo se ensancha hasta diámetro 51.5)
- 9) Saca las matrices y las cambia.
- 10) Coge un tubo de diámetro 73mm y lo coloca en la matriz inferior.
- 11) Pone en marcha la máquina. Para la máquina y saca el cono formado.(un extremo se estrecha hasta diámetro 51.5)
- 12) Coge los dos conos y vuelve al banco 2.
- 13) Suelda los dos conos formando uno más largo y luego lo suelda al tubo de chapa perforada.
- 14) El operario coge el tubo interno y lo lleva al banco de trabajo 3.
- 15) Estira la fibra de vidrio y la corta.
- 16) Envuelve el tubo interno con la fibra de vidrio.
- 17) Coge el conjunto carcasa-tobera de entrada, montado anteriormente.
- 18) Introduce el tubo interno envuelto en fibra de vidrio dentro de la carcasa.
- 19) Se asegura que esté bien encajado con la tobera de entrada.

• **Tiempos de ciclo de la estación 9**

A continuación vemos los tiempos de ciclo de la estación 9, que corresponde al mecanizado del tubo interno de la línea de tubos de escape Bolt-on (ver anexo C.1.1.3):

	<b>T<sub>Operario</sub> (min/u)</b>	<b>T<sub>Mecanizado</sub> (min /u)</b>	<b>T<sub>total</sub> (min /u)</b>
<b>OP70: Mecanizado tubo interno</b>	2.9935	-	2.9935
<b>OP75: Fabricación cono</b>	4.9598	-	4.9598
<b>Despl. del Banco 2 al Banco 3</b>	0.0627	-	0.0627
<b>OP80: Envoltorio tubo interno</b>	0.9987	-	0.9987
<b>Despl. del Banco 3 al Banco 1</b>	0.0459	-	0.0459
<b>OP90: Montaje interno silenciador</b>	0.9996	-	0.9996
<b>Tiempo ciclo estación 9</b>			<b>10.0602</b>



Vemos que la fabricación del cono es la operación más larga de esta estación.

#### 4.2.10. Resumen de los resultados

El tiempo de ciclo total es la suma de tiempos de cada una de las estaciones más los tiempos de desplazamiento entre estaciones.

- Si las distancias entre estaciones de la línea Sleep-on son:

	Dist. Inicial (m)
Dist. Estación 1-2	8.5
Dist. Estación 2-3	1
Dist. Estación 3-4	0
Dist. Estación 4-5	8
Dist. Estación 5-6	1
Dist. Estación 6-7	14.5

Tabla 4.12. Distancias entre estaciones en la línea Sleep-on

El tiempo de ciclo total para la línea de tubos Sleep-on es:

Num Est.	Descripción OP	T <sub>Total</sub> (min / u)	
		Al	Acero
Est.1	Fabricación carcasa	2.0376	3.0493
	Despl. Pulido - Banco 1	-	0.0138
Est.2	Inicio montaje silenciador	3.0058	3.0058
	Despl. Banco 1 - Banco 2	0.0509	0.0509
Est.3	Montaje interno silenciador	5.0199	5.0199
Est.4	Cierre silenciador	3.0058	3.0058
	Despl. Banco 1 - Sierra	0.0164	0.0164
Est.5	Fabricación tubo de enlace	67.9883	67.9883
	Despl. Curvadora - Banco 4	0.0025	0.0025
Est.6	Ensamblaje externo	20.01	20.01
	Despl. Banco 4 - Banco 5	0.0267	0.0267
Est.7	Limpieza y acabados	7	7
<b>Tiempo ciclo total Tubos Sleep-on</b>		<b>108.164</b>	<b>109.189</b>

Tabla 4.13. Resumen de tiempos de las estaciones de la línea Sleep-on

- Si las distancias entre estaciones de la línea Bolt-on son:

	Dist. Inicial (m)
Dist. Estación 1-2	8.5
Dist. Estación 2-9	1
Dist. Estación 9-4	0
Dist. Estación 4-6	8
Dist. Estación 6-7	14.5

Tabla 4.14. Distancias entre estaciones en la línea Bolt-on



El tiempo de ciclo total para la línea de tubos Bolt-on es:

Num Est.	Descripción OP	T <sup>Total</sup> (min / u)	
		Al	Acero
Est.1	Fabricación carcasa	2.0376	3.0493
	Despl. Pulido - Banco 1	-	0.0138
Est.8	Mecanizado tobera entrada	-	-
Est.2	Inicio montaje silenciador	3.0058	3.0058
	Despl. Banco 1 - Banco 2	0.0509	0.0509
Est.9	Montaje interno silenciador	10.0602	10.0602
Est.4	Cierre silenciador	3.0058	3.0058
	Despl. Banco 1 - Banco 4	0.0164	0.0164
Est.6	Montaje accesorios	10	10
	Despl. Banco 4 - Banco 5	0.0267	0.0267
Est.7	Limpieza y acabados	5	5
<b>Tiempo ciclo total Tubos Bolt-on</b>		<b>33.2034</b>	<b>34.2289</b>

*Tabla 4.15. Resumen de tiempos de las estaciones de la línea Bolt-on*



## 5. ESTUDIO DE MEJORAS

### 5.1. CONSIDERACIONES INICIALES

#### 5.1.1. Superficie útil

La superficie útil de trabajo de producción es de  $298.4 - (5.43 + 8.40) = 284.57 \text{ m}^2$  (ver anexo A.2, layout 1). Es decir, toda la planta de la nave restando el espacio de los servicios y vestidores. La única manera de obtener mayor superficie de trabajo sería ampliando la nave.

#### 5.1.2. Necesidades futuras de producción

Teniendo en cuenta que la demanda puede variar en función de la evolución del mercado, y teniendo en cuenta las ventas desde la puesta en marcha de la empresa, la previsión mensual de demanda para los próximos 5 años es:

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Enero</b>	-	86	90	140	200	235	270	300
<b>Febrero</b>	-	86	100	150	220	255	285	315
<b>Marzo</b>	-	88	110	170	240	270	310	350
<b>Abril</b>	-	100	110	170	240	270	310	350
<b>Mayo</b>	-	105	120	180	250	290	320	360
<b>Junio</b>	-	105	130	200	270	305	340	370
<b>Julio</b>	90	85	110	170	240	270	310	350
<b>Agosto</b>	70	60	70	90	130	150	170	190
<b>Septiembre</b>	90	85	100	150	220	255	285	315
<b>Octubre</b>	100	100	130	200	270	305	340	370
<b>Noviembre</b>	100	115	130	200	270	305	340	370
<b>Diciembre</b>	105	115	120	180	250	290	320	360
<b>TOTAL</b>	<b>555</b>	<b>1130</b>	<b>1320</b>	<b>2000</b>	<b>2800</b>	<b>3200</b>	<b>3600</b>	<b>4000</b>

Tabla 5.1. Previsión de la demanda

Por lo que se espera triplicar la demanda respecto la del 2003.

#### 5.1.3. Disponibilidad horaria

Según el convenio vigente durante el año 2003 y extrapolando estos datos para los siguientes tres años, teniendo en cuenta que la jornada laboral es de 8 h y que solo trabaja un turno, los días y horas que se trabajará serán:



Capacidad horaria	2003		2004		2005		2006	
	Días	Horas	Días	Horas	Días	Horas	Días	Horas
Enero	18	144	18	144	18	144	18	144
Febrero	20	160	20	160	20	160	20	160
Marzo	21	168	21	168	21	168	21	168
Abril	19	152	19	152	19	152	19	152
Mayo	21	168	21	168	21	168	21	168
Junio	21	168	21	168	21	168	21	168
Julio	21	168	21	168	21	168	21	168
Agosto	4	32	4	32	4	32	4	32
Septiembre	19	152	19	152	19	152	19	152
Octubre	21	168	21	168	21	168	21	168
Noviembre	21	168	21	168	21	168	21	168
Diciembre	14	112	14	112	14	112	14	112
<b>Total</b>	<b>220</b>	<b>1760</b>	<b>220</b>	<b>1760</b>	<b>220</b>	<b>1760</b>	<b>220</b>	<b>1760</b>

Tabla 5.2. Disponibilidad horaria

## 5.2. MEJORAS DE DISTRIBUCIÓN

En algunas estaciones de la línea productiva los operarios deben recorrer largas distancias entre operación y operación. Esto implica un aumento de tiempo de producción, además de cansancio del operario, tal como se ve en los estudios de tiempos.

La estación más problemática, en este sentido, es la estación 1 donde la sierra, la máquina de desbarbado y la zona de pulido se encuentran a distancias considerables (Ver anexo A.2, Layout1).

La estación 5 también es una de las problemáticas ya que el operario realiza el recorrido de ida y vuelta entre la sierra y la curvadora, y como vemos en el layout de la planta actual hay una gran distancia (Anexo A.2, Layout 1).

Las estaciones de montaje que se realizan en los bancos de trabajo 1, 2 y 3 no se ven influenciadas por las distancias entre estos pues son muy cortas.

A continuación planteamos tres posibles redistribuciones de las máquinas en planta, para reducir las distancias entre las operaciones de una misma estación.

**Distribución 1:** Acercar el máximo posible la sierra y la máquina de desbarbar a la cabina de pulido, sin mover ésta última. Para ello será necesario mover todos los almacenes



de materia prima, así como la dobladora, el banco de trabajo 4 y el almacén de utillajes (Figura 5.1).

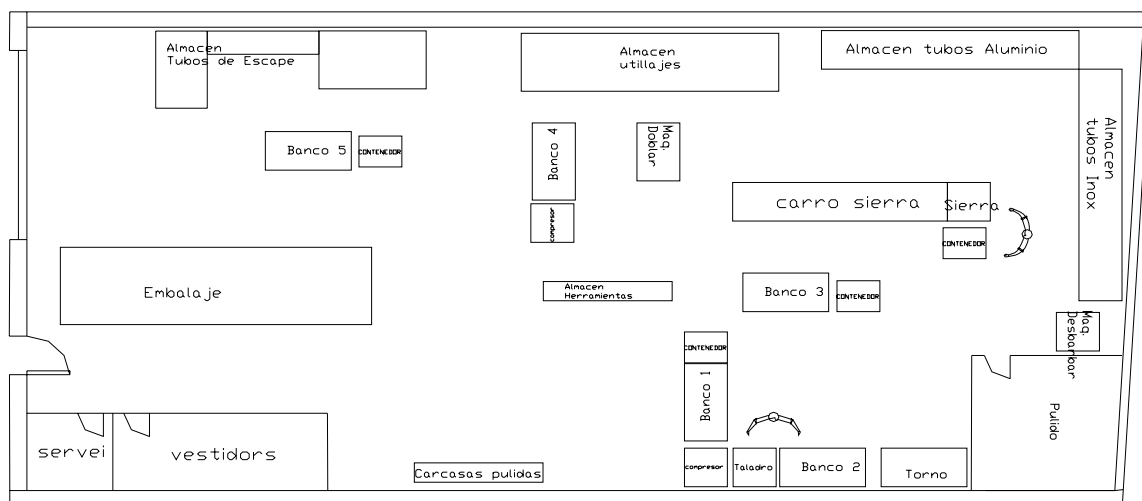


Fig.5.1. Descripción distribución 1

La ventaja que presenta esta opción es la reducción de distancias a recorrer por el operario en la estación 1, aunque esto implica el alejamiento entre sierra y dobladora, que perjudica la estación 5. El mayor inconveniente que presenta este layout es la dificultad que presenta la entrada y colocación del material (los tubos de 6 metros) en los almacenes.

**Distribución 2:** Minimizar al máximo el espacio entre máquinas. En esta opción se propone un movimiento total de los elementos de la planta: Cambiar de lado la cabina de pulido, mover la pulidora así como la máquina de desbarbar, la sierra, la dobladora, el taladro, el torno y todos los bancos y compresores de las estaciones de montaje (Figura 5.2).

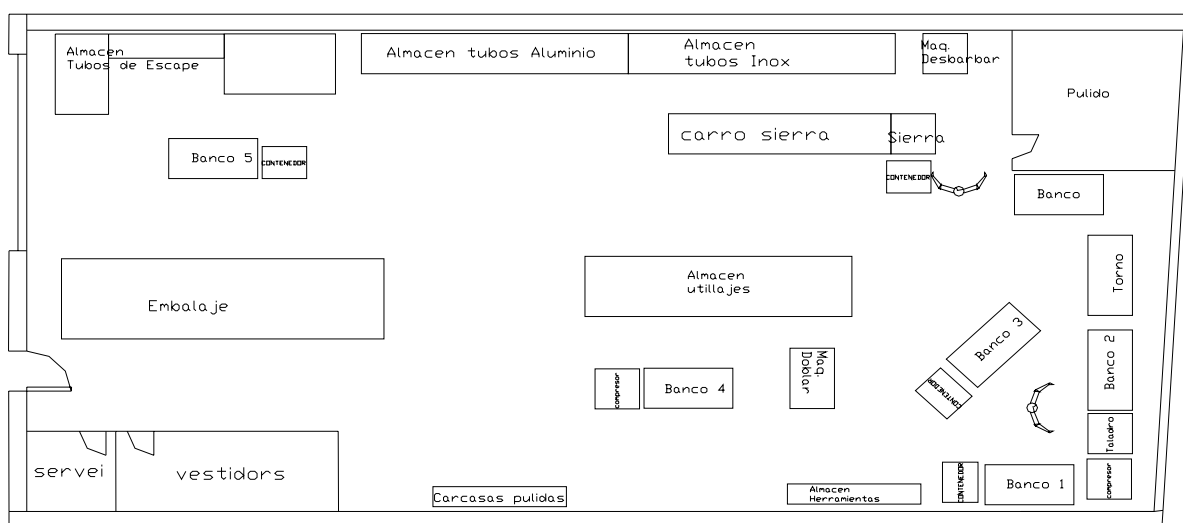


Fig.5.2. Descripción distribución 2



Con la opción 2 se consigue minimizar al máximo las distancias a recorrer por el operario en la estación 1, aunque la distancia entre sierra y dobladora es prácticamente la misma. El mayor inconveniente sería que al desplazar todas las máquinas e incluso la cabina del pulido el coste sería mayor. En cambio quedaría solventado el inconveniente anterior de entrada y colocación de material.

**Distribución 3:** Minimizar el espacio entre máquinas tanto de la estación 1 como de la estación 5. En esta opción también se realizará una redistribución de todas las máquinas y los elementos de la planta. Se cambiará de lado la cabina de pulido, se moverá la pulidora, la sierra, la máquina de desbarbar, la dobladora, el torno y el taladro así como todos los bancos y compresores de las estaciones de montaje (Figura 5.3).

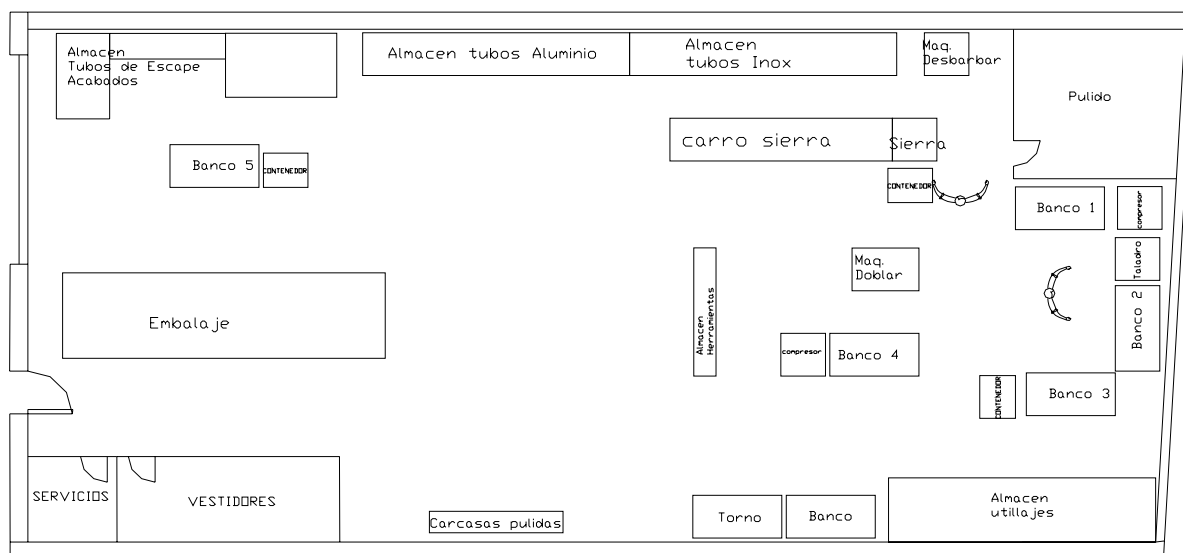


Fig.5.3. Descripción distribución 3

Con la tercera distribución se consigue reducir al máximo las distancias entre las operaciones de la estación 1 y de la estación 5, además de acercar el máximo posible las distancias entre estaciones. El mayor inconveniente sigue siendo el coste que supondría mover todos los elementos.

### 5.3. MEJORAS DE PRODUCCIÓN

Para llevar a cabo el estudio de mejoras de producción se observan los resultados obtenidos en el estudio de tiempos ( Anexo C.1.1.3).





Observando los diagramas de Gantt de la línea Sleep-on tanto Aluminio (Fig.C1.1.1) como Acero inoxidable (Fig.C.1.1.2), y los diagramas de la línea Bolt-on tanto el de Aluminio (Fig.C.1.1.3) como el de Acero inoxidable (Fig.C.1.1.4), se hacen notorios los siguientes puntos:

- El inicio de montaje del silenciador y el cierre de éste, son las estaciones más cortas, en todas las líneas.
- La estación 5 es la más larga de la línea de tubos Sleep-on. Vemos que para realizar un lote de 10 unidades son necesarias 14.67 horas.
- El mecanizado de la tobera de entrada, que se realiza fuera de la empresa, implica un tiempo de espera desde que llega el pedido a la empresa hasta que se inicia el proceso de fabricación de los tubos de escape Bolt-on.
- Otro punto a destacar es la necesidad de enviar pulir fuera las toberas de aluminio. Esto supone la necesidad de crear estoc de carcasa para no tener que esperar, ya que tardan una semana en ser devueltas.

Como vemos las operaciones se realizan fuera de la empresa, suponen la necesidad de un tiempo de espera o de creación de estoc. Para conseguir reducir el tiempo de espera, se mirará de realizar estas operaciones dentro de la planta.

También se propone automatizar la fabricación del tubo de enlace de los tubos Sleep-on, ya que resulta ser la estación más larga de todas las líneas.

Además, se mirará de mejorar algunos procesos manuales que si no reducen notoriamente el tiempo pieza, si mejoraran de forma notable calidad del tubo de escape.

### 5.3.1. Mejoras Globales (para todas las líneas)

**Opción 1:** Cambiar la máquina de desbarbado de pie manual (de cinta abrasiva) por una máquina más rápida y con mejores acabados, tipo cabina con sistemas automáticos de chorro (Figura 5.4). Se trata de la máquina de tratamientos superficiales “Fórmula” de la casa MPA (ver anexo E.1)

Esta máquina dispone de un sistema de limpieza a chorro de elementos abrasivos automático. El tipo de abrasivo dependerá de la calidad de acabado que se quiera obtener.

Como hemos visto los tiempos de rebarbado no son elevados, sin embargo con la instalación de la nueva máquina conseguiríamos mayor calidad de acabado. El chorro de



abrasivo además de eliminar posibles virutas o material enganchado en la carcasa, también limpia el interior del tubo con aire a presión.

Además, esta máquina dispone de un colector de polvo, con lo que ayuda a mantener limpio el aire y la nave.

Por las dimensiones de la máquina, ésta podría colocarse en cualquiera de los tres layouts planteados.

Los tiempos de rebarbado prácticamente no se ven modificados (ver anexo C.1.3.1).



Fig.5.4. Cabina de chorro FORMULA

**Opción 2:** Cambiar la pulidora de pie con cepillos motorizados por una pulidora automática sin centros, tipo Centerless CT-I (Ver anexo E.2).

La máquina Centerless es una lijadora/pulidora de tubos y barras cilíndricas (Figura 5.5), que trabaja girando en contacto con el cepillo o banda abrasiva y con avance continuo regulable por la rueda de arrastre motorizada.

Esta pulidora permite trabajar tanto tubos de acero como tubos de aluminio, de manera que eliminaríamos una de las operaciones que se realizan fuera de la empresa, reduciendo costes y el tiempo pieza.

La nueva pulidora dispone de un sistema de carga y descarga automáticos y de almacenes de entrada y salida de manera que durante la operación de pulido el operario podrá estar haciendo otras tareas.

Debido al tamaño de la nueva pulidora será necesario modificar la disposición de las máquinas, ya que en el lugar actual no cabría (ver anexo A.2, Layout1). De las disposiciones estudiadas, vemos que la nueva pulidora cabría tanto en la distribución 2 como en la distribución 3, sin necesidad de modificar nada más.



Fig. 5.5. Pulidora Centerless

Con la sustitución de la antigua lijadora-pulidora por una pulidora automática sin centros, conseguimos una reducción del tiempo de operario, y por supuesto la reducción del tiempo de pulido (ver anexo C.1.3.1). con esta mejora el tiempo de



pulido total es de 0.5825 min/unidad, tanto para tubos de acero como para tubos de aluminio.

**Opción 3:** Sustituir la pistola remachadora actual por una remachadora neumática tipo Taurus 2 de la casa GESPIA (ver anexo E.3).

La remachadora Taurus (figura 5.6) se caracteriza por disponer de un contenedor de vástagos con dispositivo de seguridad y orientación del escape de aire, además de tener una gran potencia y bajo peso.

La operación de remachado no es de las más largas del proceso (ver anexo A4), sin embargo con el proceso actual se requiere gran precisión para insertar los vástagos dentro de los taladros. Con el cambio de remachadora se conseguiría agilizar la operación pues no haría falta ir insertando cada vez el vástago en el agujero, sino que la misma pistola remachadora los iría introduciendo y remachando directamente.

Según el estudio de tiempos realizado (Anexo C.1.3.1), el tiempo de operación de remachado será ahora de 0.8037 min/unidad.



Fig.5.6. Remachadora con cargador de vástagos

### 5.3.2. Mejoras en las líneas Sleep-on

**Opción 4:** Mejorar el diseño del prototipo con programas de diseño 3D. Como se ha visto en los diagramas de Gantt, la fabricación del prototipo del tubo de enlace es la operación más larga y laboriosa de los tubos Sleep-on, ya que para cada modelo de moto se ha de fabricar un prototipo y un utillaje guía distintos.

A partir de los planos de la motocicleta o del relieve de ésta podríamos diseñar el nuevo tubo de enlace de manera rápida, limpia y precisa. A partir de las medidas obtenidas gráficamente realizaríamos el prototipo con la curvadora y con éste realizaríamos el utillaje guía.

Dentro del programa de diseño se crearía una biblioteca de planos de tubos, según marcas de motocicletas y modelos. De esta manera cada vez que se tuviera que diseñar un tubo nuevo se partiría del uno ya existente, esto facilitaría el trabajo y reduciría el tiempo de fabricación del prototipo.

Actualmente existen muchos programas de diseño industrial 3D. Para nuestro propósito y teniendo en cuenta las posibilidades de la empresa se ha optado por el programa



**Rhino**ceros. Es un programa de modelado de forma libre en 3D que permite crear, editar, analizar y traducir curvas en Windows (ver anexo E.4).

Rhino proporciona las herramientas para modelar proyectos al detalle y dejarlos listos para renderizar, hacer animaciones, realizar anteproyectos, análisis y fabricarlos. No hay límite de complejidad, grado o tamaño. Rhino también soporta mallas poligonales. Además, permite configurar la precisión y las unidades, así como herramientas para controlar y calcular continuidades, de lo cual no disponen muchos productos de CAD.

Rhino es compatible con otros diseños, dibujos, CAM, ingeniería, análisis, renderizado, animación y software de dibujo, además Lee y Repara archivos IGES.

Este programa no requiere de ningún hardware especial.

**Opción 5:** Sustituir la dobladora manual por una dobladora automática controlada por Control Numérico, tipo la H-63-CN, de la casa TEJERO (ver anexo E.5). La operación de doblado del tubo de enlace también resulta bastante larga, 18.98 minutos/ unidad.

Se trata de una curvadora hidráulica CN (figura 5.7) desarrollada para simplificar en el mayor grado posible las dificultades que presenta curvar un tubo con calidad en su acabado y precisión en su configuración. Este modelo es de accionamiento hidráulico proporcional al eje de curvado y automáticos el apriete de mordaza, carrión lateral, extractor de mandril y retroceso de la matriz. Todo ello gobernado por el Control Numérico FAGOR CNC 102.



*Fig.5.7. Curvadora hidráulica CN*

Esta máquina permite doblar un diámetro máximo de 63 mm y un ángulo máximo de curvado de 190°.

Para la sustitución de la nueva máquina por la antigua no haría falta ninguna modificación de planta, ya que ésta cabría en el mismo lugar que la anterior, a pesar de ser la nueva máquina más grande que la manual. De todas maneras esta máquina también cabría en cualquiera de las otras tres distribuciones propuestas en el mismo lugar que la antigua (Ver anexo B).



Con la sustitución de la curvadora se elimina también la punzonadora que se utiliza para formar el cono de los tubos Bolt-on. Se propone comprar dichos conos directamente a la empresa de extruidos que proporciona todos los tubos. De manera que eliminamos una operación, que además resulta bastante engorrosa. Y obtenemos un producto mucho más bueno.

Con la nueva curvadora se consigue disminuir el tiempo de operario y el de mecanizado, mejorar la calidad y aumentar la precisión cuando se deben fabricar grandes lotes de un mismo modelo.

Con la nueva curvadora se obtienen que el tiempo de operación de doblado es de 0.59 min/unidad (ver anexo C.1.3.2). También se ven reducidos los tiempos de la estación 9 de la línea Bolt-on, ya que eliminamos una operación. El tiempo de la estación 9 con es mejora es de 5.73 min/unidad.

### 5.3.3. Mejora en las líneas Bolt-on

**Opción 6:** Sustituir el torno de sobremesa por un torno revolver (figura 5.8). Como hemos visto existen algunas operaciones de mecanizado, como el taladrado, roscado y mandrinado de algunas toberas, que se realizan fuera de la empresa. En el torno que tiene la empresa, solamente se realizan pequeñas operaciones que no requieren de ningún tipo de tolerancia, operaciones como la fabricación de pequeños elementos para construir los utillajes guía de los tubos de enlace de los escapes Sleep-on. Por lo que éste no tiene suficiente potencia para mecanizar las operaciones antes mencionadas.

En esta mejora se propone sustituir el torno manual por un torno revolver de potencia 2HP (ver anexo E.6), que permite realizar todas las operaciones de cilindrado y mandrinado de las toberas de entrada Bolt-on. La operación de taladrado se realizará en el taladro de pie con ayuda de plantillas y el roscado se hará manualmente.

Con la realización del mecanizado de las toberas de entrada Bolt-on en la planta, los tiempos de operario aumentarían pero el tiempo total de operación disminuiría sustancialmente.



Fig.5.8. Torno Revolver



Este tipo de máquina puede comprarse de segunda mano, de manera que la inversión inicial no sería demasiado elevada.

Para la realización de los taladros en las toberas serán necesarias unas 10 plantillas distintas, como mínimo, ya que cada modelo de tobera tiene los taladros en distintas posiciones.

El torno ocupa el mismo espacio que el torno anterior, con lo que no supondría ningún movimiento de máquinas.

El tiempo de mecanizado de la tobera de entrada más el tiempo de operario supone un tiempo total de operación de 4.7387 min/unidad (ver anexo C.1.3.3)

**Opción 7:** Sustituir el torno de mesa por un Centro de torneado de eje horizontal, controlado por control numérico, Mazak Integrex-200 III SY (figura 5.9).

Los Centros de Torneado combinan la capacidad de un Torno con la de un Centro de Mecanizado, proporcionando la capacidad de mecanizar piezas complejas con un solo amarre.

Esta mejora propone hacer el mecanizado de las toberas de entrada Bolt-on dentro de la empresa, pero en este caso, todas las operaciones se realizan en el mismo centro de torneado, tanto el mandrinado, como el taladrado y el roscado.



*Fig.5.9. Centro de torneado*

Por las dimensiones de la máquina y accesorios se necesitaría un espacio mucho mayor al que ahora ocupa el torno manual. Esto supondría la modificación total de la disposición del mobiliario del taller (ver anexo E.7).

Con este tipo de máquinas se consigue una reducción drástica de los tiempos de mecanizado, comparado con los tiempos de la mejora anterior. Así según los cálculos realizados en el anexo C.1.3.3, el tiempo de operación de mecanizado de una tobera es de 0.8221 min/unidad.



## 6. ELECCIÓN DEL NUEVO PROCESO PRODUCTIVO

Para llegar a determinar el mejor proceso productivo es imprescindible realizar:

- El estudio de tiempos de proceso de las distintas alternativas.
- El estudio sobre la capacidad de cubrir la demanda de cada una de las opciones.
- El estudio de colocación de máquinas.

### 6.1. ESTUDIO DE TIEMPOS DE PROCESO CON CADA UNA DE LAS MEJORAS

Para el estudio de tiempos, se considera el tiempo de ciclo total para la obtención de 1 tubo de escape como la suma del tiempo total de mecanizado más el tiempo total de operario. El tiempo de operario es la suma de los tiempos de montaje, maniobras y transporte. (ver anexo C.4)

A continuación se muestra una tabla comparativa de todas las opciones de mejora expuestas en el apartado anterior, y combinaciones de estas:

		<b>T<sub>Total Sleep-on</sub> (h/escape)</b>		<b>T<sub>Total Bolt-on</sub> (h/escape)</b>	
		<b>Al</b>	<b>Acero</b>	<b>Al</b>	<b>Acero</b>
	Proceso actual	1.80	1.82	0.55	0.57
Mejoras Globales	Opción M1	1.80	1.82	0.55	0.57
	Opción M2	1.81	1.81	0.57	0.57
	Opción M3	1.79	1.81	0.55	0.56
	Opción M1+M2	1.81	1.81	0.55	0.57
	Opción M2+M3	1.80	1.80	1.15	1.15
	Opción M1+M3	1.79	1.81	0.55	0.56
	Opción M1+M2+M3	1.80	1.80	1.15	1.15
Mejoras líneas Sleep-on	Opción M4	1.05	1.07	0.55	0.57
	Opción M5	1.49	1.51	0.48	0.50
	Opción M4+M5	1.07	1.09	0.55	0.57
Mejoras líneas Bolt-on	Opción M6	1.80	1.82	0.63	0.65
	Opción M7	1.80	1.82	0.57	0.58

Tabla 6.1. Comparativa de tiempos de cada una de las mejoras

Vemos que las mejoras que consiguen disminuir sustancialmente el tiempo de proceso son M2, M4, M5, M6 y M7. De todas las opciones hay dos (M5 y M7) que suponen por si solas una inversión muy elevada (ver anexo E.5, E.7), por lo que no será posible combinar estas opciones para la obtención del proceso definitivo. Las opciones M6 y M7 equivalentes, es decir, proponen la misma mejora pero con distintas soluciones, por lo que tampoco serán



combinables. M1 y M3 prácticamente no mejoran los tiempos de proceso, sin embargo consiguen mejorar la calidad del producto y agilizar el trabajo del operario. M1 y M3 serán combinables con las otras opciones pero no podrán ser solución única.

## 6.2. CAPACIDAD PARA CUBRIR LA DEMANDA

Para delimitar las posibles combinaciones entre las opciones propuestas hay que mirar que soluciones consiguen cubrir la demanda. Para ello será necesario estudiar el tiempo de ciclo de cada una de ellas. Para el calculo de capacidades, la empresa considera que el rendimiento normal de la línea es del 85%.

$$T_{\text{Ciclo}} \approx \frac{220(\text{días / año}) \times 8(\text{h / operario}) \times 2(\text{operarios / turno}) \times 1(\text{turno / día})}{\text{Demanda Anual} \cdot 0.85} \quad (\text{Ec.6.1})$$

### 6.2.1. Capacidad del proceso actual

La demanda anual en el año 2003 fue de 1320 tubos anuales, por lo tanto, según la ecuación 6.1, el tiempo de ciclo teórico es:

$$T_{\text{ciclo Teórico}} = 3.13 \text{ h/tubo}$$

En la actualidad, la demanda de tubos de escape está en un 80% de tubos Sleep-on (60% de Aluminio, 40% de Acero) y el 20% restante de tubos Bolt-on (60% de Aluminio y 40% de Acero). Por lo tanto, el tiempo de ciclo medio en que se está fabricando actualmente es:

$$T_{\text{ciclo medio}} = 1.559 \text{ h/tubo}$$

(Ver anexo C.5.1)

### 6.2.2. Estudio de capacidades de cada una de las mejoras

Según las previsiones realizadas, se pretende aumentar la demanda hasta unos 4000 tubos de escape anuales en el termino de cinco años. Por lo que el tiempo de ciclo teórico necesario para cubrir dicha demanda, (según 6.1) es de:

$$T_{\text{ciclo Teórico}} = 1.035 \text{ h/tubo}$$

(Ver anexo C.5.2)





Con los tiempos de ciclo reales en los que se esta fabricando actualmente vemos que no llegarían a cubrir la demanda. Con las mejoras planteadas anteriormente vemos que los procesos que cubren la demanda son:

- Las mejoras M1 (rebarbado), M3 (remachado) y M1+M3 hemos visto que prácticamente no modifican los tiempos de proceso, por lo tanto, solas no cubrirían la demanda.
- Mejora M2 (pulido carcasas):

$$T_{\text{ciclo medio}} = 1.563 \text{ h/tubo}$$

(Ver anexo C.5.2)

Vemos que realizando sólo esta mejora no se conseguiría cubrir la demanda. Por lo tanto, combinando la mejora M2 con las otras dos mejoras generales (M1+M2, M2+M3 y M1+M2+M3) tampoco, ya que las mejoras M1 y M3 no mejoran los tiempos de proceso.

- Mejora M4 (diseño tubo de enlace):

$$T_{\text{ciclo medio}} = 0.96 \text{ h/tubo}$$

(Ver anexo C.5.2)

Con la mejora M4 no se conseguiría cubrir la demanda.

- Mejora M5 (curvado tubo de enlace):

$$T_{\text{ciclo medio}} = 1.30 \text{ h/tubo}$$

(Ver anexo C.5.2)

Con solo la mejora M5 tampoco se cubriría la demanda.

- Mejora M6 (mecanizado tobera con torno revolver):

$$T_{\text{ciclo medio}} = 1.57 \text{ h/tubo}$$

(Ver anexo C.5.2)

Al haber un porcentaje de fabricación bajo de los tubos Bolt-on, cualquier mejora en su proceso no es suficiente, puesto que con los tubos Sleep-on prácticamente ya no se cubre la demanda.

- Mejora M7 (mecanizado tobera con centro torneado):

$$T_{\text{ciclo medio}} = 1.56 \text{ h/tubo}$$

(Ver anexo C.5.2)



Igual que en la mejora anterior, no se cubre la demanda. Cualquier combinación de la mejora M7 con las otras opciones de mejora resulta imposible debido al elevado precio del centro de torneado.

### 6.3. COLOCACIÓN DE LAS MÁQUINAS

Para el estudio del tiempo de proceso del nuevo proceso productivo es necesario conocer la nueva distribución de las máquinas en planta. Estudiando el caso en que se decidieran incorporar todas las mejoras estudiadas, cabrían dos posibles layouts.

#### 6.3.1. Opción 1

Se trata de la distribución en planta de las máquinas a partir de la distribución actual del mobiliario de la planta. Solo se mueven los elementos necesarios para que las nuevas máquinas quepan, y siempre teniendo en cuenta en que estación trabajan (Figura 6.1).

- 1) La máquina de chorro se coloca en el mismo lugar donde se encontraba la antigua máquina de desbarbar.
- 2) Desaparece la cabina de pulido y se mueve el almacén de utillajes hasta la esquina.
- 3) La pulidora se coloca haciendo esquina en el lado opuesto y junto a la cabina de chorro. En caso que no se adquiriera la pulidora, no se movería el almacén de utillajes, manteniendo la cabina de pulido existente. (Ver anexo B)
- 4) La curvadora CN va en el mismo lugar donde se encontraba la antigua.
- 5) El torno revolver irá situada en el mismo lugar del torno de mesa.

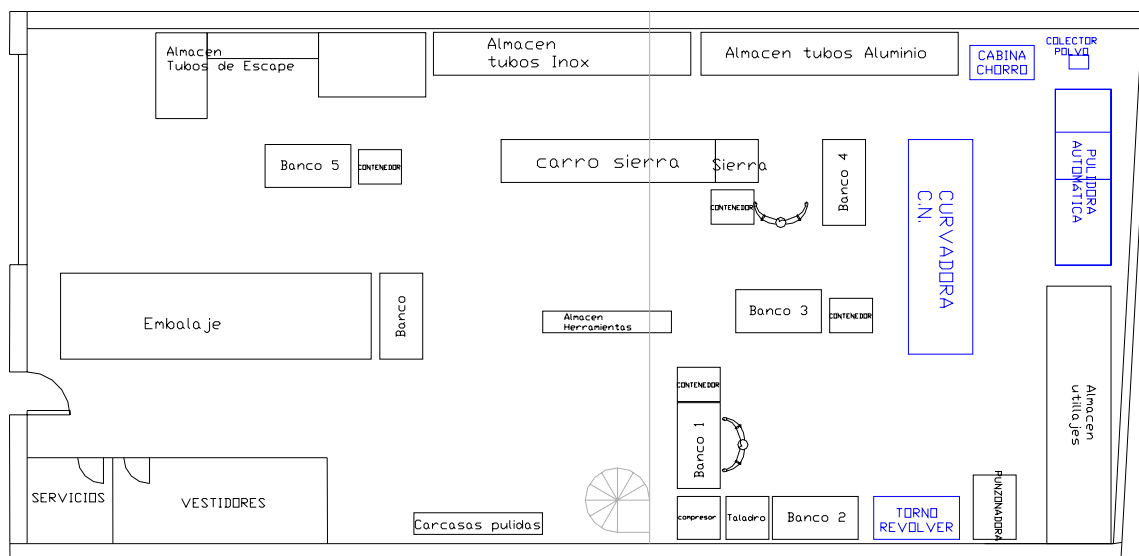


Fig.6.1. Descripción opción 1 de Layout



### 6.3.2. Opción 2

Considerando el estudio de tiempos de desplazamiento de los operarios realizado en el apartado 5.2. de la memoria, el tercer layout es el que consigue disminuir al máximo las distancias entre operaciones de una misma estación, así como las distancias entre estaciones. En esta distribución hay un mayor movimiento de los elementos de la planta (Figura 6.2).

- 1) Los almacenes de tubos extruídos, el almacén de tubos de escape acabados y el banco 5 se mueven hacia la puerta de entrada de mercancía.
- 2) La cabina de chorro se coloca junto al almacén de tubos inox.
- 3) La pulidora va situada a continuación de la cabina de chorro colocada perpendicularmente.
- 4) La sierra se adelanta hasta alinearse con la cabina de chorro, aproximadamente unos 3.37 m.
- 5) El almacén de utillajes se sitúa frente la cabina de chorro en el lado opuesto de la planta.
- 6) Los bancos 1,2,3, el taladro y el compresor se sitúan en forma de U al lado de la pulidora.
- 7) La curvadora y el banco 4 con el compresor se sitúan en medio de la planta delante de los bancos dispuestos en forma de U.
- 8) El torno revolver y el banco se colcan en el espacio entre el almacén de utillajes y la escalera de caracol.

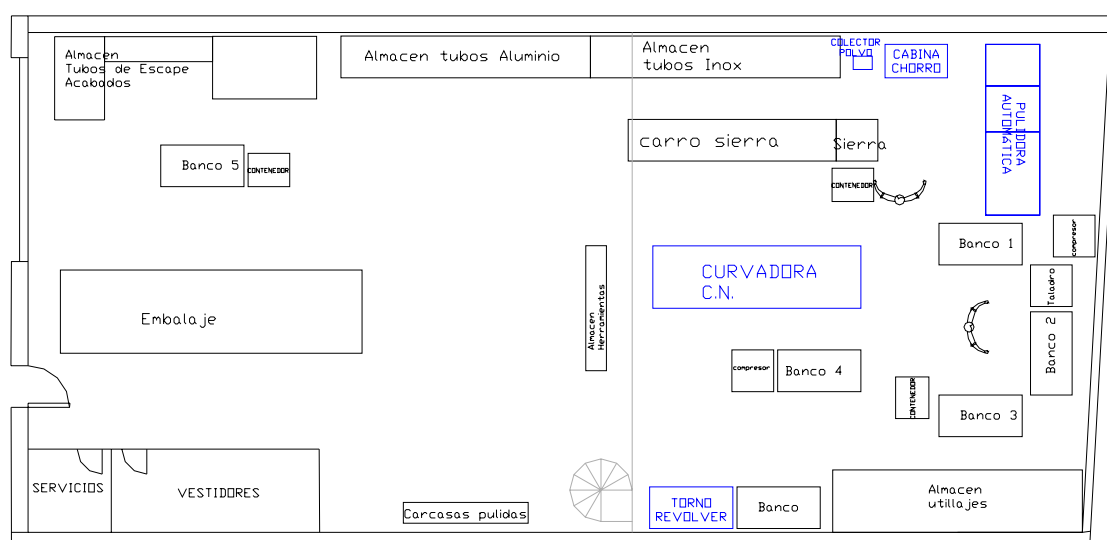


Fig.6.2. Descripción opción 2 de Layout



## 6.4. ELECCIÓN DEL PROCESO DEFINITIVO

Combinando las capacidades de cada una de las opciones de mejora de proceso con las opciones de layout, y teniendo en cuenta las inversiones a realizar se obtienen tres posibles procesos productivos:

**Proceso 1:** Corresponde a la opción 1 de layout, ya que no se ha de tocar la cabina de pulido, mejorando los procesos que existen actualmente en la empresa, pero manteniendo la subcontratación de las operaciones de pulido de carcasas de aluminio y de mecanizado de las toberas de entrada Bolt-on. Este proceso incluye:

- Sustituir la máquina de rebarbado por la cabina de chorro (M1). No supone ninguna mejora a nivel de tiempos de producción, sin embargo consigue disminuir la contaminación atmosférica de la planta, mejorando el lugar de trabajo de los operarios. Adquirir nuevas remachadoras con depósito de vástagos (M3). A nivel global, el tiempo
- que se gana es muy pequeño, sin embargo si reduce el tiempo de operario y agiliza su trabajo.
- Instalar el programa Rhinoceros para el diseño de tubos de enlace (M4). Reduce de forma notable el trabajo del operario y por lo tanto el tiempo de proceso, aunque aumenta el trabajo del departamento técnico. El informatizar el proceso de diseño del tubo de enlace permite crear fácilmente una base de datos que con el tiempo ayudará a reducir el tiempo de diseño.
- Sustituir la curvadora manual por una curvadora controlada por control numérico (M5). Permite obtener series largas de tubos de enlace, reduce el tiempo de mecanizado, así como el tiempo de operario. Por lo que el tiempo de proceso se ve muy reducido. La incorporación de esta máquina supone la necesidad de que el ingeniero técnico realice los programas de control numérico.

El tiempo de ciclo medio de este proceso es de 0.6936 h/tubo de escape (ver anexo C.2.3.1)

La cantidad máxima de tubos de escape que se podrían fabricar, si el rendimiento es del 85% sería: 4897 tubos de escape/año.



**Proceso 2:** Se trata de mejorar la fabricación de todas las carcasas y la fabricación del tubo de enlace, redistribuyendo totalmente el mobiliario de la planta, según la opción 2 de Layout. El proceso 2 propone introducir las siguientes mejoras:

- Sustituir la máquina de rebarbado por la cabina de chorro (M1).
- Sustituir la Pulidora de pie por la pulidora automática (M2). Con lo que se consigue poder hacer el pulido de todas las carcasas, tanto de Acero como de Aluminio, en la misma planta. Reduciendo los tiempos de espera, los tiempos de fabricación y los costes de operaciones externas.
- Adquirir una remachadora nueva con depósito de vástagos (M3).
- Instalar el programa Rhinoceros, de diseño 3D, para la obtención de los planos de los tubos de enlace (M4). Reduce los tiempos de fabricación. El departamento técnico será el responsable de del diseño del prototipo.
- Sustituir la curvadora manual por una curvadora controlada por control numérico (M5).

El tiempo de ciclo medio de este proceso es de 0.696 h/tubo de enlace (ver anexo C.2.3.2). El número de tubos de escape máximo que podría fabricar la línea, si el rendimiento es del 85%, sería: 4299 tubos/año.

**Proceso 3:** Este proceso es la combinación de todas las mejoras estudiadas. También corresponde a la segunda opción de Layout. Repercute en todas las líneas de producción. Este proceso supondría:

- Instalar la máquina de rebarbado a chorro (M1), que como se ha visto consigue mejoras de calidad de las carcasas, así como mejoras en las condiciones de trabajo.
- Sustituir la pulidora actual por una pulidora automática (M2). Elimina la necesidad de realizar la operación de pulido de carcasas de aluminio fuera de la empresa. Esta mejora supone la reducción de los tiempos de espera y de los tiempos de fabricación. También reduce los costes de operaciones externas.
- Sustituir la remachadora actual por la remachadora con cargador de vástagos (M3), como se ha visto agiliza el trabajo del operario.
- Comprar el programa de diseño 3D Rhinoceros, para la obtención de los planos de los tubos de enlace (M4). Como ya se ha visto es una mejora notable, e introduce la posibilidad de en un futuro automatizar más el proceso de fabricación.
- Instalar la curvadora controlada por CN, (M5). El doblado de los tubos de enlace pasa a ser totalmente automático, por lo que los tiempos de fabricación se reducen mucho.



- Mecanizar las toberas Bolt-on dentro de la empresa (M6). Para poder mecanizar dichas toberas es necesario la compra de un torno revolver, para las operaciones de refrentado y mandrinado, y la adquisición de unas plantillas para realizar los taladros de unión de las toberas. Esta mejora supone un aumento del tiempo de fabricación dentro de la empresa, aumento del tiempo de operario, y reduce el tiempo de espera de recepción de las toberas. También reduce el coste de operaciones externas

El tiempo de ciclo medio de este proceso es de 0.712 h/tubo de enlace (ver anexo C.2.3.3). El número de tubos de escape máximo que podría fabricar la línea sería: 4203 tubos/año.

Las otras posibles combinaciones quedan descartadas por ser peores que las comentadas anteriormente.

Con el fin de escoger, de entre las tres soluciones, la más óptima, se compara las inversiones a realizar en cada una de las opciones. Dado que los tres procesos cubrirían la demanda.

Para realizar el cálculo de la inversión necesaria, es importante tener en cuenta la inversión de mano de obra directa (MOD), así como la cantidad de máquinas que serán necesarias para cubrir las previsiones de la demanda, en cada una de las opciones.

- **El proceso 1** implica:
  - o En cuanto a mano de obra directa, teniendo en cuenta que el tiempo de fabricación medio es de 0.6962 h/tubo (ver anexo C.2.3.1), comprobamos que para un rendimiento normal de la línea, del 85%, y una demanda máxima de 4000 tubos (en el año 2008),

$$N^{\circ} \text{ Operarios} = \frac{T_{\text{MedioFabricación}} \cdot N_{\text{Tubos}}}{8(\text{h / día}) \cdot 220(\text{h / año}) \cdot 0.85}$$

(Ec.6.2)

serán necesarios:

$$N^{\circ} \text{ Operarios} = \frac{0.6962 \cdot 4000}{8(\text{h / día}) \cdot 220(\text{h / año}) \cdot 0.85} = 1.86 \approx 2 \text{ operarios}$$

- o Los tiempos de mecanizado de cada una de las máquinas es muy corto, con lo que vemos (anexo C.2.4.1) que con una máquina de cada será suficiente para cubrir la demanda máxima.



- **El proceso 2** requiere:

- El número de operarios directos, teniendo en cuenta que el tiempo medio de fabricación es 0.696 h/ tubo (ver anexo C.2.3.2), según la ecuación 6.2, será:

$$N^{\circ} \text{ Operarios} = \frac{0.696 \cdot 4000}{8(h / \text{ día}) \cdot 220(h / \text{ año}) \cdot 0.85} = 1.86 \approx 2 \text{ operarios}$$

- Con una máquina de cada es suficiente para cubrir la demanda. (ver anexo C.2.4.2).

- **El proceso 3**, necesita:

- Si el tiempo medio de fabricación es 0.712 h/tubo (ver anexo C.2.3.3), para un rendimiento de las líneas del 85%, el número de operarios directos necesarios serán:

$$N^{\circ} \text{ Operarios} = \frac{0.712 \cdot 4000}{8(h / \text{ día}) \cdot 220(h / \text{ año}) \cdot 0.85} = 1.9 \approx 2 \text{ operarios}$$

Con el tercer proceso, con solo 2 operarios se llegaría a cubrir la demanda muy justo.

- Igual que en los casos anteriores, al haber pocas operaciones de mecanizado, con una máquina de cada tipo basta para cubrir una demanda de 4000 unidades (anexo C.2.4.3).

Por lo tanto, las inversiones necesarias para la realización de cada uno de los procesos son las que se muestran a continuación (tabla 6.2):

	<b>Proceso 1</b>	<b>Proceso 2</b>	<b>Proceso 3</b>
Cabina Rebarbado	3,000.00 €	3,000.00 €	3,000.00 €
Pulidora automática	- €	27,000.00 €	27,000.00 €
Remachadora	565.00 €	565.00 €	565.00 €
Programa diseño: Rhinoceros	1,525.00 €	1,525.00 €	1,525.00 €
Curvadora CN	120,000.00 €	120,000.00 €	120,000.00 €
Torno revolver	- €	- €	8,000.00 €
Plantillas para el taladro	- €	- €	3,600.00 €
Adecuación de la planta al nuevo Layout	200.00 €	400.00 €	400.00 €
<b>TOTAL</b>	<b>125,290.00 €</b>	<b>152,490.00 €</b>	<b>164,090.00 €</b>

Tabla 6.2. Comparativa de inversiones



A continuación vemos una gráfica comparativa de las inversiones de las tres alternativas (Figura 6.3).

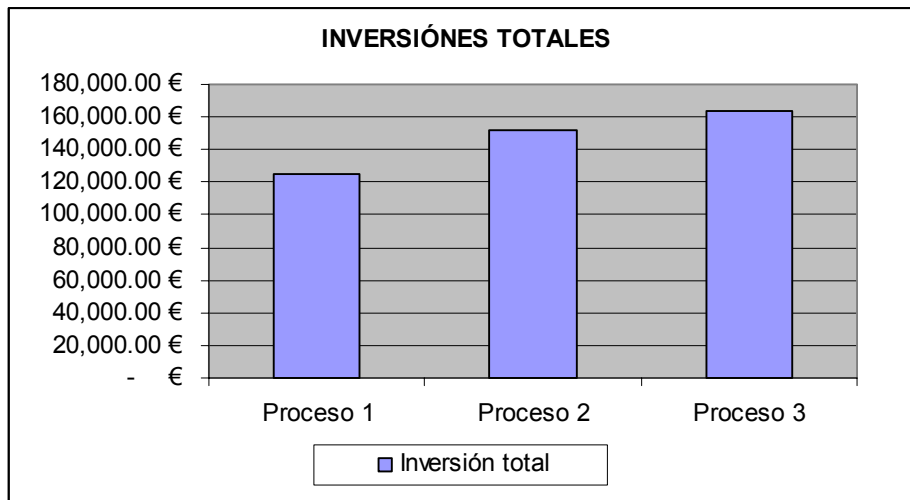


Fig.6.3. Comparativa inversiones en 2004

Vemos que la menor inversión sería el proceso 1. La inversión en el proceso 3 es muy superior a la de los otros procesos.

Según el anexo de costes de fabricación D.1.5, vemos que los costes de fabricación del proceso 1 son superiores a los del proceso 2, ya que en el primero existen los costes de la operación externa de pulido de tubos de aluminio, en cambio, en el segundo proceso estos costes desaparecen.

Por lo tanto, el proceso 2 es el más óptimo de los tres, a pesar de que la inversión inicial sea algo superior a la del proceso 1, ya que además de disminuir los tiempos de mecanizado, elimina los costes de pulido externo, y simplifica el proceso.





## **7. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DEFINITIVO**

### **7.1. COMPONENTES DE LAS NUEVAS LÍNEAS**

Las nuevas líneas de producción constarán de:

- **Sierra de cinta bimetálica:** Donde se cortaran las carcasa y los tubos de enlace.
- **Cabina de Chorro:** Para el desbarbado de las carcasa y tubos cortados.
- **Pulidora automática:** Donde se pulen todas las carcasa de Acero inoxidable y Aluminio.
- **Bancos 1, 2, 3:** Donde se lleva a cabo el montaje interno del silenciador.
- **Taladro de columna:** Realizar los taladros en la carcasa y toberas.
- **Remachadora con depósito de vástagos:** Para unir la carcasa con las toberas de entrada y salida.
- **Soldadora:** Para formar el tubo interno del silenciador.
- **Curvadora:** Donde se da forma al tubo de enlace de los tubos de escape Sleep-on.
- **Banco 4:** Donde se realiza el ensamblaje externo.
- **Soldadora:** Para unir todos los “accesorios” al tubo de enlace.
- **Banco 5:** Donde se limpia el tubo de escape y se empaqueta.

Se seguirá subcontratando el mecanizado de toberas de entrada de los tubos Bolt-on.

A continuación se muestra el nuevo layout de la planta, donde se indican la disposición de las máquinas y los bancos de trabajo de cada una de las estaciones (figura 7.1).



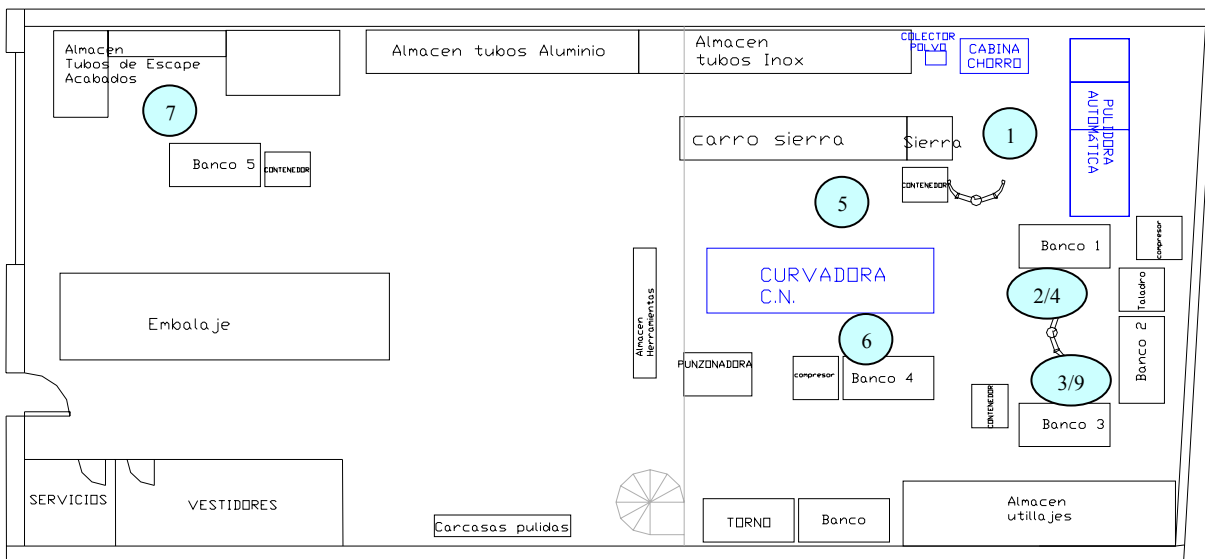


Fig.7.1. Layout general de la nueva línea productiva

## 7.2. NUEVO PROCESO DE LAS LÍNEAS SLEEP-ON

El futuro proceso de trabajo de los tubos de escape Sleep-on es:

- 1) El operario 1, corta el la carcasa.
- 2) El operario 1, desbarba la carcasa dentro de la cabina de chorro.
- 3) El operario 1 coloca la carcasa en el almacén de entrada de la pulidora.  
*(Estas operaciones las realiza repetidamente hasta tener unas 10 unidades preparadas)*
- 4) El operario 2 coge la carcasa pulida del almacén de salida de la pulidora y va hasta el banco 1 donde inicia el montaje del silenciador.
- 5) El operario 2, une la carcasa a la tobera de entrada y taladra los 6 taladros de Ø5mm alrededor de la carcasa.
- 6) El operario 2 remacha la carcasa y la tobera de entrada por los seis taladros realizados. Deja el conjunto montado sobre el banco 1.
- 7) El operario 2 va al banco 2 donde fabrica el tubo interno del silenciador.
- 8) El operario 2 coge el tubo interno y va al banco 3, donde lo envolverá en fibra de vidrio.
- 9) El operario 2 vuelve al banco 1, donde introducirá el tubo interno envuelto en fibra de vidrio dentro de la carcasa unida a la tobera de entrada.
- 10) El operario 2 cierra el silenciador colocando en el extremo libre de la carcasa la tobera de salida.



- 11) El operario 2 coloca el silenciador sobre el banco del taladro y realiza 6 taladros en el extremo de la carcasa donde esta la tobera de salida.
- 12) El operario 2 remacha por los seis taladros realizados.
- 13) El operario 2 deposita el silenciador en el contenedor.  
*(Repite las operaciones de montaje del silenciador hasta tener las 10 unidades listas)*
- 14) Al mismo tiempo que el operario 2 realiza el montaje del silenciador, el operario 1 empieza la fabricación del tubo de enlace. A partir de los planos realizados con el programa de diseño 3D, por el ingeniero mecánico, el operario 1 realiza el prototipo del tubo de enlace.
- 15) A partir del prototipo y un útil base, el operario 1 fabrica el utillaje guía.  
*(se realiza un prototipo por modelo)*
- 16) Una vez obtenidas las cotas del tubo de enlace, el operario 1 va a la sierra y corta 10 unidades para realizar los 10 tubos de enlace.
- 17) El operario 1 lleva el contenedor de tubos cortados hasta la curvadora y dobla los tubos según los planos obtenidos.
- 18) El operario 1 coge el tubo de enlace y va al banco 4 donde realiza el ensamblaje externo.
- 19) El operario 1 solda el kit de accesorios solicitado por el cliente y deposita el tubo de escape acabado en el contenedor.  
*(Las operaciones 18 y 19 las repite hasta finalizar las 10 unidades)*
- 20) El operario 2 coge los tubos acabados y los lleva hasta el banco 5 donde los limpia y los empaqueta.

### 7.3. NUEVO PROCESO DE LAS LÍNEAS BOLT-ON

El futuro proceso de trabajo de los tubos de escape Bolt-on es:

- 1) El operario 1, corta el la carcasa.
- 2) El operario 1, desbarba la carcasa dentro de la cabina de chorro.
- 3) El operario 1 coloca la carcasa en el almacén de entrada de la pulidora.  
*(Estas operaciones las realiza repetidamente hasta tener unas 10 unidades preparadas)*
- 4) El operario 2 coge la carcasa pulida del almacén de salida de la pulidora y va hasta el banco 1 donde inicia el montaje del silenciador.
- 5) El operario 2, une la carcasa a la tobera de entrada y taladra los 6 taladros de  $\varnothing 5\text{mm}$  alrededor de la carcasa.



- 6) El operario 2 remacha la carcasa y la tobera de entrada por los seis taladros realizados.  
Deja el conjunto montado sobre el banco 1.
- 7) El operario 2 va al banco 2 donde fabrica el tubo interno del silenciador.
- 8) El operario 2 alcanza el cono de  $\varnothing_{\text{inferior}} = 40 \text{ mm}$  y de  $\varnothing_{\text{mayor}} = 73 \text{ mm}$  y lo solda al tubo interno.
- 9) El operario 2 coge el tubo interno y va al banco 3, donde lo envolverá en fibra de vidrio.
- 10) El operario 2 vuelve al banco 1, donde introducirá el tubo interno envuelto en fibra de vidrio dentro de la carcasa unida a la tobera de entrada.
- 11) El operario 2 cierra el silenciador colocando en el extremo libre de la carcasa la tobera de salida (mecanizada por subcontratación).
- 12) El operario 2 coloca el silenciador sobre el banco del taladro y realiza 6 taladros en el extremo de la carcasa donde esta la tobera de salida.
- 13) El operario 2 remacha por los seis taladros realizados.
- 14) El operario 2 deposita el silenciador en el contenedor.  
*(Repite las operaciones de montaje del silenciador hasta tener las 10 unidades listas)*
- 15) El operario 1 coge el tubo de enlace y va al banco 4 donde realiza el ensamblaje externo.
- 16) El operario 1 solda el kit de accesorios solicitado por el cliente y deposita el tubo de escape acabado en el contenedor.  
*(Las operaciones 15 y 16 las repite hasta finalizar las 10 unidades)*
- 19) El operario 2 coge los tubos acabados y los lleva hasta el banco 5 donde los limpia y los empaqueta.



## 8. ESTUDIO ECONÓMICO

### 8.1. CONSIDERACIONES INICIALES

El análisis económico se realizará según los datos proporcionadas por “K Tubos de escape”. Para el estudio económico se considerarán los siguientes datos:

- Todos los integrantes de la empresa son administradores de la sociedad, por lo tanto el sueldo base será el mismo para todos, y el suficiente para cumplir con la ley de salarios mínimos. Los beneficios serán repartidos a partes iguales.
- Se mantiene un único turno, sólo en caso de necesidad se contratará otro operario.

Para el estudio de costes se tendrán en cuenta los siguientes:

- Costes de materia prima
- Coste trabajador
- Costes de estructura (nave, mano de obra indirecta, costes generales)
- Costes de fabricación
- Costes de amortización

### 8.2. CÁLCULO DE NECESIDADES

Para el cálculo de necesidades hay que tener en cuenta la demanda según las previsiones para los próximos 5 años, y el tiempo de ciclo medio para el proceso 2.

La necesidad de horas para cubrir la demanda varía según el rendimiento de la línea. Estos datos se utilizan posteriormente, para analizar los diferentes costes que intervienen en el proceso, ampliando el estudio con la variación de los rendimientos esperados, para comprobar como afectan estas variaciones a los costes (ver anexo C.3).

A continuación se resumen las horas necesarias para cubrir la demanda de los próximos cinco años, en condiciones normales, es decir, con un rendimiento del 85%:

Año	Capacidad (horas normales)	Demanda 2004	Necesidad horas para cubrir demanda	Necesidad horas extras para cubrir demanda
2004	3520	2000	1637.6	9.692
2005	3520	2800	2292.64	42.444
2006	3520	3200	2620.16	72.272
2007	3520	3600	2947.68	113.212
2008	3520	4000	3275.2	162.34

Tabla 8.1. Necesidad de horas para cubrir de los próximos 5 años



El total de horas necesarias para cubrir la demanda es inferior al total de horas normales, aunque durante el mes de agosto de todos los años y el mes de diciembre de los últimos tres años harán falta horas extras. Estas horas se pueden cubrir o bien trabajando más días o bien trabajando en horas normales de los otros meses, mirando de crear estoc.

En el anexo de cálculos (C.3) vemos el cálculo de necesidades variando el rendimiento de la línea desde el 90% al 70%. En este intervalo de rendimientos se observa que si el rendimiento de la línea fuera inferior al 80%, los dos últimos años haría falta contratar otro operario, para llegar a cubrir la demanda.

### 8.3. DETERMINACIÓN DE LOS COSTES DE MANO DE OBRA DIRECTA

El análisis del coste de personal se realiza en base al coste de mano de obra directa, CMOD.

Como hemos visto con un turno de 8h diarias se cubre perfectamente la demanda. Así, aunque hay meses donde se cubre la demanda con menos horas de la capacidad de la línea, el coste de mano de obra directa será el mismo todos los meses, pues el turno es constante.

Cabe recordar que el proceso de fabricación de tubos de escape estudiado, necesita dos operarios por turno. Uno realiza el proceso de montaje del silenciador y el otro realiza todas las operaciones de mecanizado.

Por lo tanto, si el salario de un trabajador es de 21,000 €/año y teniendo en cuenta que un aumento del IPC del 3%, el coste de personal para los siguientes 5 años es el mostrado en el gráfico de la figura 8.1.

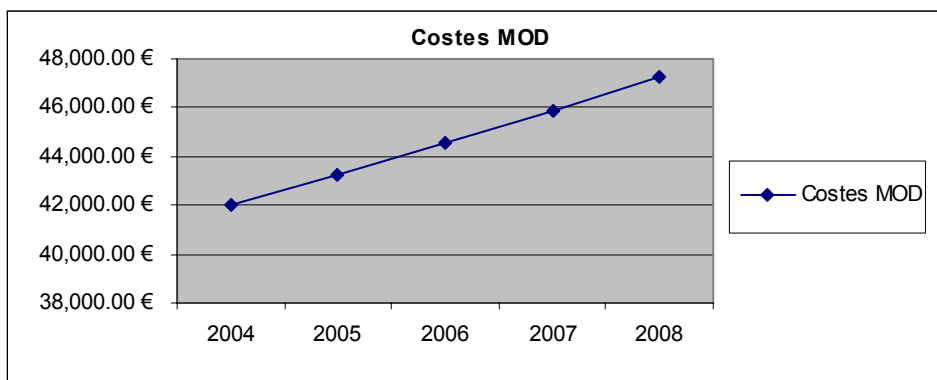


Fig.8.1. Costes Mano de Obra Directa



#### **8.4. DETERMINACIÓN DE LOS COSTES DE ESTRUCTURA**

Se considera costes de estructura la suma de los gastos generales y el coste de alquiler de la nave. Se calculan estos costes por un total de 8 horas laborables (1 turno), aunque algunos meses pueda variar. Así estos costes son fijos y constantes para los distintos rendimientos de las líneas.

- El alquiler de la nave
- Los costes generales incluyen:
  - o Luz
  - o Telefonía
  - o Agua
  - o Electricidad
  - o Material de oficina
  - o Herramientas
  - o Mantenimiento
  - o Gestión de residuos
  - o Gestoría

La suma de alquiler de nave y el total de gastos generales nos da un total de gastos de estructura de **38,124.00 €/año** (ver anexo D.1.2).

#### **8.5. DETERMINACIÓN COSTES DE MANO DE OBRA INDIRECTA**

El coste de mano de obra indirecta, CMOI, se calcula igual que la mano de obra directa, es decir, tienen un sueldo de 21.000 €/año. Se considera como mano de obra indirecta al personal de oficinas, es decir, al ingeniero/administrador y al comercial/contable. Igual que los costes de estructura los costes de mano de obra indirecta son constantes para cualquier rendimiento de la línea, pero incrementan según un IPC del 3% (Figura 8.2).



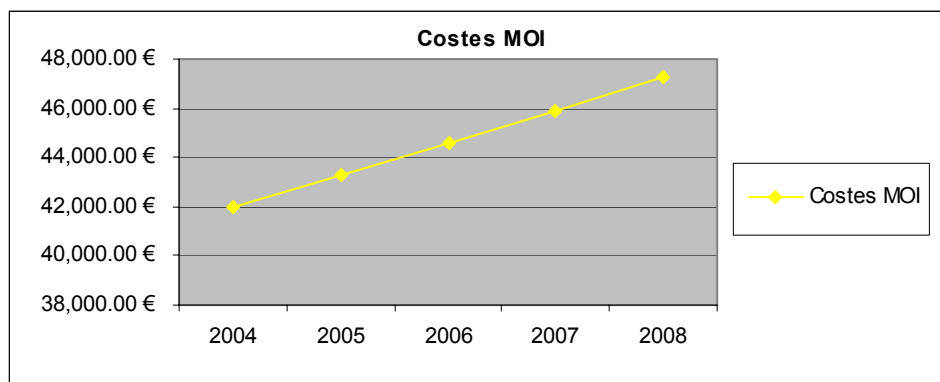


Fig.8.2. Costes Mano de Obra Indirecta

## 8.6. DETERMINACIÓN LOS COSTES DE MATERIA PRIMA

El coste de materia prima incluye todos los elementos que forman el tubo de escape así como el material de embalaje de los tubos y las operaciones de mecanizado subcontratadas.

Para el cálculo del material necesario, se supone que no hay rechazo de material, ya sean piezas defectuosas rechazadas durante el proceso de mecanizado, o lotes rechazados por calidad.

A partir de los costes unitarios de todos los componentes de los tubos de escape (ver anexo D.1.4), se calcula el coste total de material por modelo de tubo de escape. Así tenemos que:

- Coste tubo Sleep-on:
  - o Botella Aluminio 27.54 €/tubo
  - o Botella Acero inoxidable 30.40 €/tubo
- Coste tubo Bolt-on :
  - o Botella Aluminio 28.94 €/tubo
  - o Botella Acero inoxidable 31.8 €/tubo

Teniendo en cuenta las previsiones para los próximos cinco años, y suponiendo que la demanda de cada modelo de tubos de escape se mantendrá con los mismos porcentajes, es decir, en el 48% de tubos Sleep-on Aluminio, el 32% de tubos Sleep-on Acero, el 12 % de tubos Bolt-on Aluminio, y el 8 % de tubos Bolt-on Acero, podemos ver en la figura 8.3, que los costes de material serán:





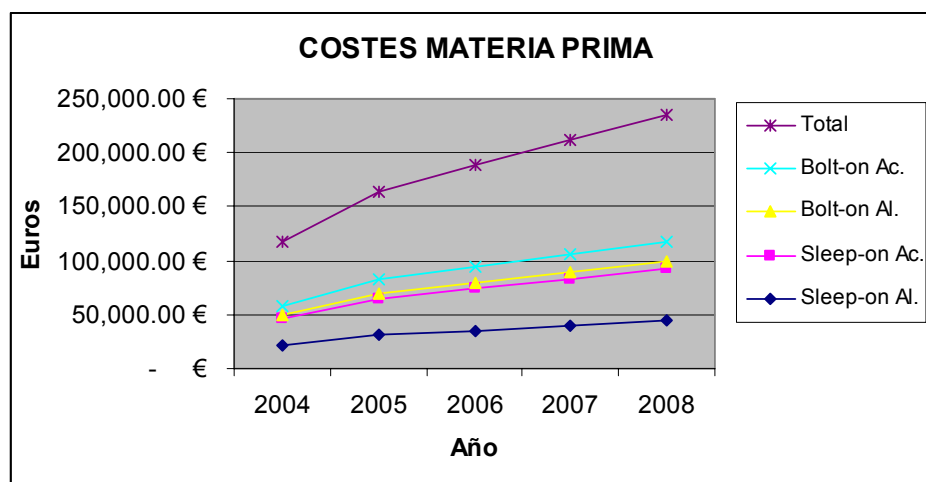


Fig.8.3. Costes de Materia Prima

## 8.7. INVERSIÓN NECESARIA

Para el cálculo de la inversión necesaria es necesario distinguir entre:

- Inversión de maquinaria: Incluye los costes de las máquinas adquiridas, las cuales tienen un período de amortización de 5 años.
  - o Cabina de chorro: FORMULA
  - o Pulidora automática CENTERLESS
  - o Remachadora TAURUS 2
  - o Programa diseño 3D: Rhinoceros
  - o Curvadora automática H-63-CN
  
- Inversión en instalaciones: Incluye los gastos que hacen referencia a las distintas instalaciones de neumática, refrigerante, eléctrica, vallas de seguridad, etc.. Estos costes tienen un período de amortización igual a la vida del proyecto.
  - o Adecuación de la planta al nuevo Layout

Por lo que la Inversión total necesaria es de **152,490.00 €** (ver anexo D1.5).

## 8.8. DETERMINACIÓN DE LA AMORTIZACIÓN

Se entiende como amortización la suma de las amortizaciones de cada una de las máquinas (figura 8.4). La empresa considera que el período de amortización de todas las



máquinas es de cinco años. Igualmente, el programa de diseño 3D también será amortizable a cinco años. (Ver anexo D1.6).

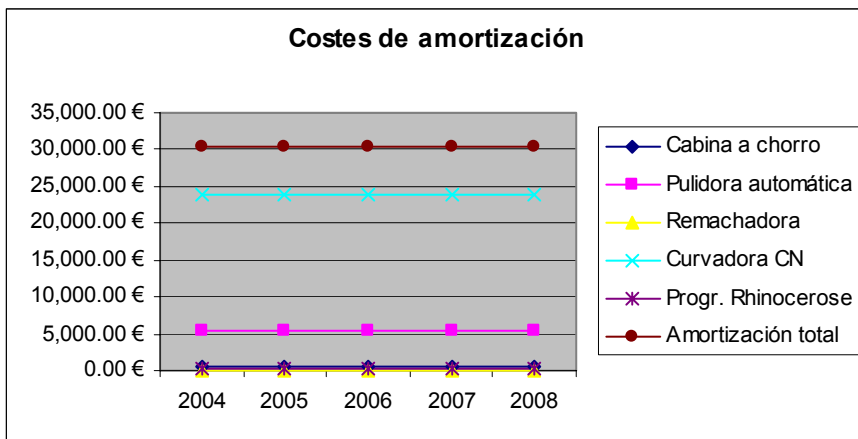


Fig.8.4. Costes de Amortización

Vemos que la amortización de todas la máquinas suma un total de **30,418.00 €**.

### 8.9. DETERMINACIÓN COSTES DE FABRICACIÓN

Se entiende por costes de fabricación todos los costes relacionados directamente con el mecanizado y montaje del tubo de escape. Ya sean los materiales, los costes de explotación como las operaciones externas.

El coste de fabricación es proporcional al tiempo de trabajo de las máquinas, ya que se considera que durante el período de funcionamiento de éstas, hay un consumo de electricidad, agua, refrigerantes, etc. Por lo que se considera que estos costes incluyen sólo las horas necesarias para cubrir la demanda (ver anexo C.3).

Para el cálculo de los costes de mecanizado se ha de tener en cuenta que el precio hora para la fabricación de tubos de escape es de 27.93 €/h, según los cálculos del anexo D.1.7. Teniendo en cuenta que el rendimiento normal de la línea es del 85%, los costes de mecanizado son los que se muestran en la tabla 8.2.

Modelo	T. Fabricación (h/u)	Precio/Hora (€/h)	Costes Mecanizado (€/u)
Sleep-on (Aluminio y Acero)	0.881	27.93	24.61 €
Bolt-on (Aluminio y Acero)	0.569	27.93	15.89 €

Tabla 8.2. Costes de mecanizado , con un rendimiento del 85%



Sumando los costes de mecanizado, con los costes de material y operaciones externas vemos que el Coste de Fabricación unitario de cada modelo de tubo de escape es el siguiente:

Descripción	Sleep-on Al	Sleep-on Ac.	Bolt-on Al	Bolt-on Ac.
Coste Materia Prima	23.94 €	26.80 €	21.64 €	24.50 €
Coste mecanizado	24.61 €	24.61 €	15.89 €	15.89 €
Coste Op. externas	3.60 €	3.60 €	7.30 €	7.30 €
<b>Costes Fabricación</b>	<b>52.15 €/u</b>	<b>55.01 €/u</b>	<b>44.83 €/u</b>	<b>47.69 €/u</b>

Tabla 8.3. Costes de fabricación unitarios, para un rendimiento del 85%

Si tenemos en cuenta la demanda prevista (tabla 5.1), podemos obtener los Costes de Fabricación Anuales (o Costes Variables) de los próximos cinco años.

	2004	2005	2006	2007	2008
Sleep-on Aluminio	50,064.00 €	70,089.60 €	80,102.40 €	90,115.20 €	100,128.00 €
Sleep-on Acero	35,206.40 €	49,288.96 €	56,330.24 €	63,371.52 €	70,412.80 €
Bolt-on Aluminio	10,759.20 €	15,062.88 €	17,214.72 €	19,366.56 €	21,518.40 €
Bolt-on Acero	7,630.40 €	10,682.56 €	12,208.64 €	13,734.72 €	15,260.80 €
<b>Total Costes de Fabricación</b>	<b>103,660.00 €</b>	<b>145,124.00 €</b>	<b>165,856.00 €</b>	<b>186,588.00 €</b>	<b>207,320.00 €</b>

Tabla 8.4. Costes de Fabricación Anuales

## 8.10. INGRESOS POR VENTAS

La empresa considera que para obtener un margen de beneficio bruto del 50% sobre el coste de fabricación (ver anexo D.1.8), el valor del tubo una vez acabado es:

- Tubo Sleep-on Aluminio: 100 €/u.
- Tubo Sleep-on Acero: 105 €/u.
- Tubo Bolt-on Aluminio: 89 €/u.
- Tubo Bolt-on Acero: 95 €/u.

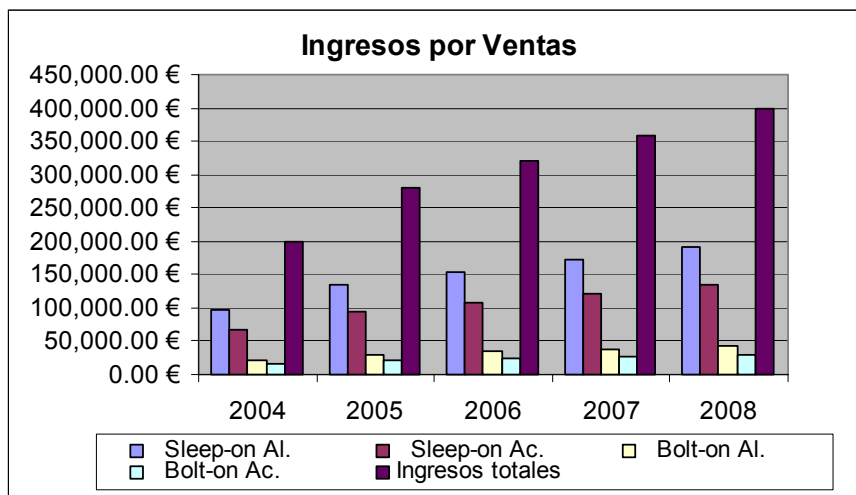
Por lo que los ingresos por ventas de cada año, según la demanda prevista (tabla 5.1), son:

	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Ventas Totales</b>	<b>199,760.00 €</b>	<b>279,664.00 €</b>	<b>319,616.00 €</b>	<b>359,568.00 €</b>	<b>399,520.00 €</b>

Tabla 8.5. Total Ingresos por ventas



A continuación se muestra un gráfico comparativo del porcentaje de ingresos por ventas que supone cada tipo de tubo de escape



*Fig.8.10. Ingresos por ventas de los próximos 5 años*

## 8.11. VIAVILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO

Para el cálculo del balance económico del proyecto se tienen en cuenta los siguientes factores:

- La inversión necesaria se realiza durante el primer año.
- En el cálculo de los costes variables (o costes de fabricación), se imputa un 70% de los costes de explotación totales de la empresa.
- Los costes fijos son la suma de los costes de personal (CMOD y CMOI) y los costes de estructura. Para el cálculo de los flujos de caja, solamente se imputará un 70% de los costes fijos totales, ya que no es la única actividad de la empresa, aunque si la principal.
- El período de amortización es de cinco años.

Con todo vemos que la cuenta de resultados de los próximos años es la que se muestra en la tabla 8.6.



Concepto	Cantidad				
	Año 2004	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008
Ingresos por Ventas	199,760.00	279,664.00	319,616.00	359,568.00	399,520.00
Costes Variables	-103,666.17	-145,132.64	-165,865.87	-186,599.10	-207,332.34
Amortización Maquinaria	-30,418.00	-30,418.00	-30,418.00	-30,418.00	-30,418.00
<i>Beneficio Marginal</i>	<i>65,675.83</i>	<i>104,113.36</i>	<i>123,332.13</i>	<i>142,550.90</i>	<i>161,769.66</i>
Costes Fijos	-85,486.80	-87,250.80	-89,067.72	-90,939.14	-92,866.70
<i>Beneficio Bruto</i>	<i>-19,810.97</i>	<i>16,862.56</i>	<i>34,264.41</i>	<i>51,611.76</i>	<i>68,902.96</i>
Impuestos de sociedad (35%)	0	-5,901.90	-11,992.54	-18,064.12	-24,116.03
<i>Beneficio Neto</i>	<i>-19,810.97</i>	<i>10,960.66</i>	<i>22,271.87</i>	<i>33,547.64</i>	<i>44,786.92</i>
Amortización Maquinaria	+ 30,418.00	+ 30,418.00	+ 30,418.00	+ 30,418.00	+ 30,418.00
<b>Flujo de Caja Neto</b>	<b>10,607.03</b>	<b>41,378.66</b>	<b>52,689.87</b>	<b>63,965.64</b>	<b>75,204.92</b>

Tabla 8.6. Estado de pérdidas y ganancias

Existen distintos indicadores que se utilizan para cuantificar la rentabilidad económica de un proyecto. A partir de los flujos de caja netos de los próximos cinco años, y un tipo de interés prefijado ( $i$ ) del 6%, vemos que los valores de estos indicadores, según el anexo D.2.2.1, son:

- VAN (Valor Actualizado Neto) = 45447.19 € > 0
- TIR (Tasa Interna de Rentabilidad) = 14.25 % >  $i$
- Período de retorno o "Pay-Back" = 3 años y 165 días.

El resultado positivo de estos índices indica que la inversión en el proyecto produce beneficios superiores a los que podrían obtenerse invirtiendo la misma cantidad a un tipo de interés del 6%. Podemos decir entonces, que el proyecto es rentable.





## 9. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Para el cálculo del presupuesto del proyecto se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Honorarios del proyectista: 20 €/h
- Costes desplazamientos a la empresa 9 €/viaje
- Gastos generales (material oficina, teléfono, etc) 60 €

Se han dedicado 600 horas para la realización del proyecto. Y se han realizado 5 viajes hasta la empresa, para analizar la situación actual de ésta, y discutir algunas cuestiones con el personal involucrado en el proyecto.

Así pues, el coste total del proyecto es:

<b>Concepto</b>	<b>Presupuesto</b>
Costes de proyectista	12,000.00 €
Costes desplazamientos	45.00 €
Gastos generales	60.00 €
Coste Total	12,105.00 €
IVA 16%	2576.8
<b>Coste del proyecto</b>	<b>18,681.8</b>

*Tabla 10.1. Presupuesto del proyecto*







## **10. ESTUDIO DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL**

La empresa K tubos de escape actualmente gestiona los residuos de forma selectiva. Es la misma empresa quien se encarga de separar los residuos y llamar al gestor correspondiente para que los venga a recoger.

Como el proyecto consiste en la mejora de las líneas de producción existentes, el impacto medioambiental se tratará de la misma forma según la política de la empresa.

### **10.1. POLÍTICA MEDIOAMBIENTAL DE “K TUBOS DE ESCAPE”**

La empresa dispone de una política medioambiental basada en diez puntos:

- **Protección medioambiental como a principio empresarial.** La calidad de los productos, la rentabilidad y la protección del medioambiente son principios que deben ser tratados con igual importancia.
- **Reducción de los efectos medioambientales.** La protección medioambiental abarca la totalidad de las medidas y comportamientos, para conseguir reducir los efectos sobre el medioambiente. En este punto se deben considerar también el consumo económico de los recursos así como evitar casos de averías y minimizar sus efectos.
- **Responsabilidad de los trabajadores.** La protección del medioambiente es trabajo de cada uno de los integrantes y colaboradores de la empresa. Crear y fomentar el sentido de responsabilidad de todos los colaboradores en cuanto al medioambiente se refiere es un trabajo continuo de los mandos.
- **Mejora continua.** Dentro de un proceso de mejora continua, se trabaja para reducir continuamente los posibles efectos de todas las actividades empresariales relativas al medioambiente.
- **Legalidad.** Se deberán cumplir estrictamente las leyes y prescripciones referentes a la protección del medioambiente.
- **Técnica medioambiental.** Para la protección del medioambiente se utilizará la mejor técnica posible, teniendo en cuenta criterios económicos.
- **Proveedores.** Los contratistas y proveedores están implicados en las medidas referentes a la protección medioambiental.



- **Relaciones públicas.** Se mantiene una relación cooperativa con las autoridades y un dialogo abierto con los colaboradores y el público.

## 10.2. OBJETIVOS MEDIOAMBIENTALES DE LA EMPRESA

Los principales objetivos medioambientales de la empresa son:

- Evaluación, control y reducción de las repercusiones sobre diferentes áreas del medio ambiente.
- Gestión y ahorro de la energía, y selección de fuentes de energía.
- Gestión, selección, ahorro y transporte de materia prima.
- Gestión y ahorro de agua.
- Minimización, reciclaje, reutilización, transporte y eliminación de residuos.
- Evaluación, control y reducción de las molestias causadas por el ruido dentro y fuera de la empresa.
- Selección de nuevos métodos de fabricación y modificación de los existentes.
- Planificación de productos (diseño, embalaje, transporte, uso y eliminación de residuos).
- Protección del medio ambiente en la empresa y en actividades de contratistas, subcontratistas y proveedores.
- Información y prevención del personal en cuestiones medioambientales.
- Información de la opinión pública sobre cuestiones medioambientales relacionadas con actividades desarrolladas en la planta.
- Aceptar sugerencias de los trabajadores.

## 10.3. GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA EMPRESA

La gestión de los residuos generados en la planta empieza en el momento de su generación.

Los residuos se van almacenando en unos contenedores hasta la recogida de estos. La responsabilidad de la recogida de los residuos recae en una persona que será la encargada de llevar a cabo las siguientes actuaciones:



- Controlar el nivel de los contenedores para determinar la retirada de los residuos.
- Contactar con el gestor correspondiente y con el transportista.
- Anotar los datos de la retirada del residuo en el Registro de residuos.
- Archivar toda la documentación generada en la gestión, comprobando que el residuo en cuestión haya llegado al gestor correspondiente.
- En caso de detectar un incumplimiento en la gestión de residuos, tomar las medidas correctoras oportunas.

#### **10.4. RESIDUOS GENERADOS EN LAS NUEVAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN**

En las líneas de mecanizado y montaje de los tubos de escape se generan los siguientes residuos:

- Viruta.
- Chatarra.
- Taladrina.
- Emulsión de agua y aceites sintéticos.
- Basura en general.
- Papel.

##### **10.4.1. Viruta**

Las cantidades de viruta que se producen son muy pequeñas. Tienen origen en el corte de las carcasas y tubos de enlace, en la máquina de pulir y en el taladrado del silenciador. La viruta es recolectada en bandejas colocadas bajo las máquinas y luego aspirado y filtrado, para verterlo en el contenedor de viruta (el mismo que el de chatarra). El polvo de viruta creado en la cabina de chorro de rebarbado es recogido mediante el colector de polvo de la misma cabina.

##### **10.4.2. Chatarra**

La chatarra tiene origen en la producción, ya sea por defectos de fundición de la tobera, de la fabricación de prototipos y utillajes guía o por defectos de mecanizado. Esta es almacenada en el contenedor de chatarra de unos 1100 litros, y es recogida cada 15 días por el gestor correspondiente.



### **10.4.3. Taladrina**

Las cantidades de taladrina también son muy pequeñas ya que prácticamente no se realizan operaciones de mecanizado. Es recolectada cuando se presenta un corte de la emulsión del agua (aceites, fugas...).

### **10.4.4. Emulsión de agua y aceites sintéticos**

Generado en la zona de producción. Parte de este residuo es genera cuando se presentan fugas en las máquinas y queda depositado en las bandejas protectoras de taladrina. Este residuo es recogido junto con la taladrina. Se almacena todo en pequeños bidones hasta su recogida.

La taladrina y emulsión de agua y aceite sintético, es peligroso para el medio ambiente, nociva e irritante. Es muy peligrosa para el agua y es inflamable a partir de los 100°C.

### **10.4.5. Papel filtro taladrina y trapos sucios con emulsión y aceites**

Tanto el papel de filtro usado, como los trapos sucios con emulsión y aceites se recogen de manera individual y manualmente y se colocan en un contenedor ubicado en el área de mecanizado y montaje, donde permanecerán hasta ser recogidos y llevados al correspondiente gestor.

Este residuo es peligroso para el medioambiente, nocivo e irritante. Es muy peligroso para el agua e inflamable a partir de 100°C.



## **11. CONCLUSIONES**

Las acciones propuestas durante el proyecto, después del análisis detallado de los procesos de fabricación de los tubos de escape Sleep-on y Bolt-on, consiguen mejorar el proceso de fabricación así como la calidad de los tubos de escape.

Los tiempos de fabricación se han reducido un 60% en el caso de los tubos Sleep-on , que son los que actualmente tienen los tiempos más largos. La reducción de estos tiempos es tan significativa debido a que el proceso de obtención de los prototipos pasa a ser mucho más automática. En el caso de los tubos Bolt-on, los tiempos de proceso se reducen en un 12%.

La nueva distribución en planta reduce las distancias entre máquinas y entre estaciones de trabajo, de manera que los tiempos de operario también se ven reducidos.

Con todo, se consigue duplicar la producción de la planta, sin descuidar su calidad. La automatización del doblado de los tubos de enlace permite obtener un producto de más calidad, y realizar series más largas. Y se introducen pequeñas mejoras que consiguen un mejor acabado.

Además, se han elaborado todos los documentos para seguir el control y la gestión de la producción, aplicables para llevar a cabo tanto la implantación propuesta como el seguimiento posterior de cualquier otro proceso de fabricación.

Al tratarse de una pequeña empresa la solución propuesta supone una inversión inicial muy elevada, sin embargo queda demostrada la viabilidad económica del proyecto mediante indicadores de rentabilidad.





## 12. BIBLIOGRAFÍA

Libros consultados para la realización del proyecto:

- J. VIVANCOS CALVET, [et al.]. *Tecnologies de fabricació. Procesos de mecanizado*. Barcelona, Ediciones UPC,1999.
- J. VIVANCOS CALVET, [et al.]. *Tecnologies de fabricació. Procesos de moldeo y deformación*. Barcelona, Ediciones UPC,1999.
- A. PARDO DÍAZ, L.A. SANZ CALABRIA. *Metrologia i verificació*. Barcelona, Edicions UPC,1998.
- M. ROSSI. *Maquinas-Herramienta Modernas*. Editorial Dossat, 8ª edición.
- J. BAUTISTA, [et al.]. *Programación de proyectos singulares*. Barcelona, Edicions UPC,1999.
- P. GRIMA CINTAS, J. TORT-MARTORELL. *Técnicas para la gestión de la calidad*.

Paginas web consultadas para la realización del proyecto:

- [<http://www.guiamotera.com/accesorios/escapes.htm>] *Relación de empresas fabricantes de tubos de escape*.
- [[http://www.arvinmeritor-eu.com/ansa/espagnol/quid\\_sp.asp](http://www.arvinmeritor-eu.com/ansa/espagnol/quid_sp.asp)]. *Definición de tubos de escape*.
- [<http://www.afm.es/fairs/biemh2002/01empre.html>] *Asociación Española de Fabricantes de Máquinas-Herramienta*.
- [<http://www.concept4d.com/productos/rhino/caracteristicas.htm>] *Programas de diseño 3D*.
- [<http://www.asunicad.es>] *Programas de diseño 3D*.
- [<http://www.mpa.es>] *Empresa de material abrasivo*.
- [<http://www.autopulit.com>] *Empresa de maquinaria para pulido*.
- [<http://www.gespia.com>] *Empresa de productos para el remachado*.
- [<http://www.serrasold.com>] *Maquinaria para ensamblaje y soldadura*.

