

21 de junio de 2005  
**INDUSTRIAL  
COOPERATION  
DAY**

## EL ACUERDO DE COOPERACIÓN PSA PEUGEOT CITROËN Y BMW GROUP

2

## LOS RETOS INDUSTRIALES

4

### I - UN ESQUEMA INDUSTRIAL EFICAZ

4

- Un dispositivo industrial ambicioso en Europa occidental 4
- Optimización de la logística 4
- Organización industrial en "módulos" 5
- Convergence: el sistema de fabricación PSA PEUGEOT CITROËN 5

### II - PLANTAS DE ALTA TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

6

#### ■ La Française de Mécanique (PSA PEUGEOT CITROËN)

6

##### ■ Mecanizado

6

- Los medios de mecanizado
- Los retos industriales del mecanizado

##### ■ Ensamblado

8

- Una nueva filosofía de ensamblado
- Los retos industriales del ensamblado

#### ■ Hams Hall (BMW Group)

10

### III - INNOVACIONES EN TODAS LAS ETAPAS DE LA INDUSTRIALIZACIÓN

10

- El "Lost Foam" en Charleville 10
- La División de Metalurgia de Mulhouse 11

### IV - PREOCUPACIÓN CONSTANTE POR LA CALIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE

12

- La calidad 12
- El respeto del medio ambiente 12

## ANEXOS

15



## EL ACUERDO DE COOPERACIÓN PSA PEUGEOT CITROËN Y BMW GROUP



**PSA PEUGEOT CITROËN y BMW Group anunciaron en 2002 la firma de un acuerdo destinado a desarrollar y fabricar conjuntamente una nueva familia de pequeños motores de gasolina que equiparán vehículos de los dos grupos.**

Este acuerdo permite desarrollar una nueva gama de pequeños motores de gasolina de alta tecnología, en grandes volúmenes y en condiciones económicas competitivas. El objetivo es compartir los costes de desarrollo, las competencias de los dos grupos y sus medios, aportando las economías de escala indispensables para el éxito de la operación.

Este acuerdo de cooperación se beneficia igualmente de culturas empresariales y técnicas industriales diferentes. Los dos principios de base de este acuerdo son una organización común (un comité director con una representación y poderes iguales; un solo jefe de proyecto y equipos de proyecto comunes compuestos por ingenieros de los dos grupos) y costes compartidos: a partes iguales (50%-50%) para los costes de desarrollo y a prorata de los volúmenes reservados por cada grupo para las inversiones industriales, los costes de ingeniería y de lanzamiento.

Para que el acuerdo fuese fructuoso, también era preciso adoptar el mismo calendario. A partir de 2006, los nuevos motores equiparán vehículos de las gamas bajas y medias de Peugeot y Citroën, así como los futuros modelos del Mini. Sus potencias se escalonarán de 55 kW/75 CV a 125 kW/170 CV y constituirán nuevos estándares en el campo de las prestaciones, del placer de conducción y de reducción del consumo de combustible y de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Inicialmente, el equipo de proyecto encargado de diseñar los motores, implantado en Múnich en el seno de la Dirección de Investigación y Desarrollo, se encontraba bajo la responsabilidad de BMW Group. Actualmente, el grupo PSA PEUGEOT CITROËN asume el liderazgo de la fase de industrialización y producción, así como del proceso de compra. La producción anual prevista es de 1 millón de unidades aproximadamente cuando la cooperación alcance su plena capacidad.

**Este acuerdo de cooperación está basado en las competencias tecnológicas de los dos grupos y en su perfecto control de la fabricación en grandes series.**



## ■ DOS MOTORES BASADOS EN DIFERENTES TECNOLOGÍAS

Durante una "jornada tecnológica" celebrada en Múnich, en el centro de investigación y desarrollo de BMW Group, los responsables de los dos grupos presentaron el detalle de las técnicas utilizadas para dos tipos de motores:

- Motor atmosférico, equipado con distribución variable, 1,6 l de cilindrada y 85 kW/115 CV de potencia.
- Motor de inyección directa, con turbocompresor, 1,6 l de cilindrada y 105 kW/143 CV de potencia.

Estos motores son los dos primeros elementos de una familia que, en un futuro, estará compuesta por motores cuyas potencias se escalonarán de 55 kW/75 CV hasta 125 kW/170 CV.

Numerosas soluciones de gama alta, aportadas por cada grupo, equiparán estos nuevos órganos mecánicos:

- distribución variable
- bomba de aceite de caudal controlado
- arrastre moncorrea de los órganos auxiliares
- culata fabricada según el método de fundición "con modelo perdido".

Por otra parte, se implementaron varias innovaciones en:

- La inyección directa, para optimizar la potencia
- El turbocompresor Twin-Scroll, para mejorar el tiempo de respuesta y el placer de conducción.
- La bomba de agua desembragable, para disminuir el consumo de combustible y las emisiones.



## LOS RETOS INDUSTRIALES



### I - UN ESQUEMA INDUSTRIAL EFICAZ

El acuerdo de cooperación se gestiona según el principio de la "ingeniería de sistemas". Un solo equipo integrado en dos lugares geográficos se ocupó de los tres aspectos del proyecto: desarrollo, producción y compras.

Para este acuerdo de cooperación se aplicó el método de proyecto de PSA PEUGEOT CITROËN, con la doble integración del equipo de proyecto que trabaja en estrecha colaboración con los servicios de industrialización y compras. El liderazgo del desarrollo de los motores se atribuyó a BMW Group, con una fuerte participación de los ingenieros de PSA PEUGEOT CITROËN. La plataforma de diseño está instalada en el FIZ en Múnich y está compuesta por unas cincuenta personas, incluyendo a unos quince ingenieros de PSA PEUGEOT CITROËN que trabajan en estrecha colaboración con la plataforma de métodos industriales y de compras situada en La Garenne-Colombes, en la región parisina, que cuenta con una plantilla de 150 empleados. En resumen, un equipo integrado instalado en dos lugares geográficos dirigió el proyecto intercambiando un máximo de archivos informáticos, métodos y cálculos mediante un enlace EMX de alta velocidad.

### ■ UN DISPOSITIVO INDUSTRIAL AMBICIOSO EN EUROPA OCCIDENTAL

La parte producción - fabricación es dirigida por PSA PEUGEOT CITROËN. El mecanizado de las piezas principales de los motores se realiza exclusivamente en la sociedad Française de Mécanique en Douvrin (Norte de Francia). El ensamblado se reparte entre los dos constructores: Française de Mécanique para PSA PEUGEOT CITROËN y Hams Hall en Inglaterra para BMW Group, con el fin de facilitar la logística de aprovisionamiento hacia las plantas de vehículos de cada constructor.

Este esquema mantiene un saber hacer industrial de alto nivel en Europa occidental y requirió la adopción de una organización eficaz y flexible destinada a adaptarse a dos procesos de ensamblado de motores diferentes y alejados geográficamente.

### ■ OPTIMIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA

PSA PEUGEOT CITROËN es responsable de los proveedores, que se seleccionaron en base a criterios ambiciosos de competitividad y calidad.

La logística de prefabricación se organizó de tal forma que todos los proveedores puedan aprovisionar directamente las dos plantas de ensamblado: Hams Hall para BMW Group y Française de Mécanique para PSA PEUGEOT CITROËN.



Uno de los principios básicos de la logística adoptada es el RECOR (REposición de los CONsumos Reales). Esto significa que toda la fabricación está organizada en flujos continuos. La logística también se gestiona según el modelo FIFO -First In, First Out- es decir que las primeras piezas que entran a la planta serán las primeras utilizadas.

Para el ensamblado, se limitó la diversidad en el puesto de trabajo en un instante determinado. Así, el trabajo se realiza en ráfagas con un aprovisionamiento a pie de línea únicamente de las piezas necesarias para la variante del motor fabricado.

Estos principios se aplican a la programación de la fabricación y al suministro de las piezas por los proveedores. Por ejemplo, en el marco del proyecto, se adoptó un método de aprovisionamiento directo del camión al taller para las incómodas piezas suprimiendo las etapas intermedias (almacén), lo que permite ahorrar tiempo y reducir los stocks.

La logística de posfabricación, para aprovisionar las plantas terminales de los dos grupos, está a cargo de cada grupo de forma autónoma.

El intercambio de información diario se realiza mediante una interfaz EDI (servidor central) entre los dos constructores y los proveedores.

## ■ ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL EN "MÓDULOS"

Este proyecto forma parte de la estrategia industrial de "módulos" que PSA PEUGEOT CITROËN inició en 2001 al lanzar el motor 1,4 l Diesel HDi Common Rail y consiste en desarrollar una unidad de producción muy homogénea y autónoma, que se podrá reproducir fácilmente y reunirá las líneas de mecanizado de las principales piezas del motor (culata, cárter del cilindro, cigüeñal y biela) y de ensamblado.

En esta organización en módulos, PSA PEUGEOT CITROËN aporta su experiencia de los tres módulos DV instalados ya en sus plantas de mecánica. Se

trata de una organización industrial eficaz basada en la producción de 2 500 unidades diarias (640 000 motores al año), lo que corresponde al mejor equilibrio en materia de eficacia y rentabilidad de las inversiones.

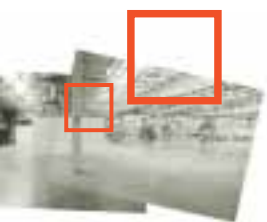
Para esta cooperación, se creará un nuevo módulo completo en Française de Mécanique, que será operacional a finales de 2005.

## ■ CONVERGENCE: EL SISTEMA DE FABRICACIÓN PSA PEUGEOT CITROËN

El proceso implementado en la planta de Douvrin se beneficia de la aportación del sistema de fabricación PSA PEUGEOT CITROËN llamado "Convergence". El objetivo de este proyecto empresarial es la eficacia de la fabricación aplicando en todas las plantas de PSA PEUGEOT CITROËN un sistema de fabricación que reagrupe las mejores prácticas internas y externas, con un enfoque de mejora permanente.

Para elaborar este sistema de fabricación, el grupo PSA PEUGEOT CITROËN creó quince redes de competencias que cubren todos los campos de la producción (Management, Calidad, Fiabilidad, Logística...) y todas las plantas. Cada red se encarga de definir las mejores prácticas y reglas de aplicación. Después de establecerlos, los estándares se aplican en todas las plantas. Su difusión y aprobación están basadas en la utilización intensiva de las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC).

La UET (Unidad Elemental de Trabajo) en La Française de Mécanique es el núcleo del Sistema de Fabricación de PSA PEUGEOT CITROËN. Las UET son equipos de trabajo compuestos por un responsable de unidad y entre 25 y 40 operadores. El objetivo es favorecer un enfoque participativo, la escucha y la animación a través de intercambios directos y regulares. Este enfoque innovador de



participación y responsabilización está destinado a reforzar la participación del personal en la vida del taller y contribuir a alcanzar los objetivos de eficacia definidos en cada planta. Por ejemplo, en el nuevo taller de Française de Mécanique consagrado al acuerdo de cooperación, se desplegarán 40 Unidades Elementales de Trabajo para la fabricación en grandes series de los nuevos motores de gasolina.

## II - PLANTAS DE ALTA TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

### ■ LA FRANÇAISE DE MÉCANIQUE (PSA PEUGEOT CITROËN)

A partir de finales de 2005, PSA PEUGEOT CITROËN producirá La Française de Mécanique, la nueva familia de pequeños motores de gasolina desarrollada en cooperación con el grupo BMW.

Creada en 1969, La Française de Mécanique, situada en Douvrin (Francia), está especializada en la fabricación de motores en grandes series. La fabricación de motores para PSA PEUGEOT CITROËN se eleva a más de 8 000 unidades diarias con una plantilla de más de 4 500 empleados.

La nueva unidad de producción tendrá una capacidad de 2 500 motores diarios. Este primer módulo, de una superficie aproximada de 60 000 m<sup>2</sup>, requirió una inversión de 330 millones de euros y empleará a 1 120 personas cuando desarrolle su plena capacidad, repartidas en 4 equipos, a las que se han impartido 152 000 horas de capacitación.

El taller de fabricación de motores del acuerdo de cooperación fue diseñado por varios socios:

- Para los edificios, el BEI (Bureau d'Études Industrielles = oficina de estudios industriales de PSA PEUGEOT CITROËN)

- Para las máquinas del proceso: PCI (Process Conception Ingénierie = Proceso Diseño Ingeniería) para la parte culata, así como los socios habituales de los dos grupos.

Las obras, desde su inicio hasta la puesta en marcha de la fabricación en serie, durarán 24 meses respetando así los plazos previstos inicialmente. Durante este periodo, hasta 250 personas del grupo y de unas 60 sociedades externas participarán en la construcción de este taller.

Los procedimientos de prevención de riesgos se respetaron estrictamente con el fin de alcanzar el objetivo cero accidentes laborales, tanto para el personal interno como para el personal de los proveedores de bienes de equipo que trabajarán en la obra.

La cadencia de trabajo se irá aumentando progresivamente para alcanzar la cadencia plena a finales de 2007.

El taller modular destinado a la fabricación de estos motores incorpora en un solo edificio las líneas de mecanizado principales y el ensamblado.

Las piezas brutas proceden mayoritariamente de las instalaciones de PSA PEUGEOT CITROËN, como la planta de fundición de Charleville y la División de Metalurgia de Mulhouse, que reagrupan principalmente las actividades de forja y fundición de aluminio a presión.

### ■ MECANIZADO

El mecanizado ocupará una superficie de 30 000 m<sup>2</sup> y es la síntesis de las mejores prácticas en el campo del mecanizado para garantizar el equilibrio entre inversiones y flexibilidad teniendo en cuenta la diversidad de productos y sus evoluciones futuras.

La calidad es una preocupación permanente.



## □ Los medios de mecanizado

### • 2 líneas flexibles de fabricación de culatas

Desde el punto de vista industrial, la culata es la pieza maestra de esta nueva familia de motores, determinante para las prestaciones del motor.

La culata es una pieza cuya alta tecnicidad requirió la implementación de medios mejor dimensionados en la estructura industrial del grupo PSA PEUGEOT CITROËN.

Así, cada una de las líneas constará de 54 máquinas (centros de mecanizado de alta velocidad y máquinas especiales) para responder a la precisión geométrica requerida y a la diversidad de las dos familias de motores.

### • 1 línea de fabricación de bielas

Esta línea flexible permite fabricar tres tipos de bielas diferentes a una cadencia de 4 bielas cada 30 segundos. La línea consta de 3 máquinas transfer y 5 máquinas específicas.

### • 1 línea de fabricación de cárteres de cilindros

Por primera vez se utilizan centros de mecanizado para los cárteres de cilindros de gran difusión.

Así, el 50% del tiempo de mecanizado es efectuado por centros de mecanizado de alta velocidad (18 en total) para las funciones que podrían evolucionar durante la vida en serie del motor, que aportan al proceso la flexibilidad necesaria.

Para las funciones invariables del motor, es decir, las operaciones nobles que evolucionarán poco o nada, el mecanizado se realiza en máquinas transfer.

Otra gran novedad industrial es el mecanizado bimateria (fundición/aluminio) de la cara de combustión del bloque motor, que requirió la evolución de los métodos de mecanizado utilizados hasta la fecha, permitiendo así una tecnología de cárter compatible con los grandes esfuerzos generados por los motores.

### • 1 línea de fabricación de cigüeñales

La línea de fabricación de cigüeñales integra la experiencia adquirida gracias a la línea de fabricación de motores DV, tomando en cuenta la gran diversidad de la familia de nuevos motores de gasolina del acuerdo de cooperación, que engloba:

- 3 cigüeñales diferentes
- 2 materias diferentes, fundición y acero, optimizadas en función de los motores.

Esta línea está compuesta por máquinas transfer, máquinas específicas y centros de mecanizado, y ha sido dimensionada para una producción máxima de un cigüeñal cada 30 segundos.

## □ Los retos industriales del mecanizado

Uno de los principales objetivos al diseñar esta herramienta industrial fue dotarla de una **flexibilidad máxima** desde el inicio para no imponer restricciones industriales al diseño, conservando un alto nivel de productividad. Esta gran flexibilidad permitió al equipo de producción diseñar motores de alta tecnología con una dinámica de ingeniería de sistemas.

Por otra parte, el equipo de industrialización tuvo que hacer frente al reto de la **diversidad** generada por 2 motores tecnológicamente muy diferentes, cuyo lanzamiento estaba previsto casi simultáneamente. La respuesta aportada fue una mayor utilización de centros de mecanizado, seleccionados por su gran flexibilidad industrial.

La calidad es una de las principales preocupaciones del equipo de proyecto, razón por la cual se adoptó la política de "**Cero retoques**" en el taller de mecanizado. En este sistema exigente, las piezas defectuosas se rechazan automáticamente, generando así una fuerte implicación y reactividad de todos los participantes, que conduce rápidamente a un perfecto control del proceso.





Al igual que para el motor diesel HDi, que constituyó una gran evolución tecnológica tanto desde el punto de vista del producto como del proceso, estos nuevos motores de gasolina se imponen como un gran adelanto en relación con la precisión de las operaciones de mecanizado requerida y el control del proceso ya que, por término medio, las tolerancias se dividieron por dos respecto a los motores anteriores.

## ■ ENSAMBLADO

El taller de ensamblado está instalado en una superficie de 22 000 m<sup>2</sup> y está compuesto por tres tramos de líneas de montaje de una longitud total desplegada de 1 400 metros, lo que permite fabricar **un motor cada veintiséis segundos**, cualquiera que sea la versión.

### □ Una nueva filosofía de ensamblado

La línea de ensamblado permite montar tanto los motores turbo como los motores atmosféricos, a la cadencia impresionante de un motor cada 26 segundos. Los motores siguen las etapas clásicas, con el montaje de la parte inferior del motor, la línea de fabricación de culatas y la línea de montaje del colector de escape, del volante motor, de la bomba de inyección... La automatización media de los puestos de trabajo es del 50%, fruto de un compromiso entre flexibilidad, productividad y ergonomía.

En este caso, tampoco se hizo ninguna concesión en el campo de la calidad, gracias a la implementación de una política llamada de "TARJETA ROJA" que prohíbe realizar retoques en los motores.

En relación con la gestión de los flujos logísticos, este nuevo taller de ensamblado integra una novedad, la mejora de la política de "flujos continuos" llamada alimentación en RECOR R1 (REposición de los CONsumos Reales) para las grandes piezas. El camión descargará las piezas directamente en el

taller, sin pasar por el almacén, lo que permite acelerar la fabricación de piezas y productos en curso y mejorar la eficacia globalmente.

### □ Los retos industriales del ensamblado

Los retos en el campo del ensamblado eran de tres tipos: **la diversidad, la calidad y la ergonomía**.

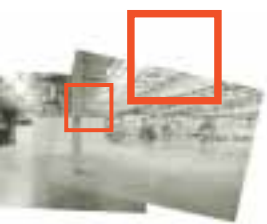
En primer lugar, el reto de la **diversidad** consistió en comenzar a fabricar en ráfagas, con seis meses de intervalo, dos motores técnicamente muy diferentes en la misma línea de producción. Las herramientas y los medios utilizados para hacer frente a esta ecuación ofrecen mayor flexibilidad y polivalencia. La capacitación de los empleados del taller, los prepara a una mayor polivalencia. Los puestos de trabajo se han diseñado para ensamblar cualquiera de los motores fruto de este acuerdo de cooperación. El aprovisionamiento de las piezas a pie de línea toma en cuenta la gran diversidad de piezas necesarias para el ensamblado (250 piezas) de forma organizada y óptima, sin dificultades de comprensión para los operadores, ya que los sistemas informáticos utilizados se encargan de la trazabilidad de las operaciones y de las piezas.

En segundo lugar, fue preciso combinar la exigencia de **calidad**, el principal objetivo del proyecto, con una cadencia industrial raras veces alcanzada en la industria del automóvil.

Por esta razón, se aplicó la política de "TARJETA ROJA" implementada en 2001 por PSA PEUGEOT CITROËN en sus plantas de mecánica, que se optimizó gracias a la experiencia acumulada desde su implementación.

Concretamente, un microprocesador electrónico instalado en cada paleta registra toda la información relativa a la trazabilidad del proceso de montaje. Los monitores del sistema de control de la línea indican si el motor no es conforme al pliego de condiciones. En cuanto se detecta un incidente,





ya sea automáticamente o por un operador, el motor sigue avanzando para no interrumpir el flujo del proceso, pero no se ensambla ninguna pieza. Esta estrategia exigente impide los retoques durante el montaje, obligando así el dispositivo a controlar al máximo el proceso y a reaccionar inmediatamente a los incidentes. La política de "TARJETA ROJA" genera un cambio de cultura empresarial que modifica el vocabulario y las prácticas. Por ejemplo, las plataformas de retoques a final de línea se reemplazan por plataformas de peritaje, ya que la experiencia ha demostrado que las operaciones de retoques generan indefectiblemente más problemas que el flujo de serie.

La calidad se gestiona hasta en los más mínimos detalles. Por ejemplo, el **100%** de las operaciones de atornillado se controla en tiempo real y el **100%** de las funciones de los clientes (circuito de gasolina, agua, aceite...) se controla durante el proceso.

Por último, la **ergonomía** fue una de las prioridades del proyecto. Hace muchos años, el grupo PSA PEUGEOT CITROËN emprendió una política ambiciosa de mejora de las condiciones de trabajo, destinada en particular a garantizar a todos los empleados condiciones de trabajo y un entorno laboral correspondiente a los mejores estándares internacionales y a hacer frente al envejecimiento del personal buscando soluciones que contribuyan al mantenimiento en el puesto de trabajo.

El procedimiento de mejora de las condiciones de trabajo y de la ergonomía se adopta desde las primeras etapas, para los proyectos de vehículos y los proyectos industriales. Este procedimiento se apoya en un escalonamiento de las acciones descritas en los esquemas operativos de desarrollo de los vehículos y en una herramienta de evaluación del trabajo y de la organización denominada METEO (Méthode d'Evaluation du Travail Et de l'Organisation = Método de evaluación del trabajo y de la organización). El procedimiento se implementa en todas las instalaciones industriales del mundo y es utilizado por los equipos de proyecto.

En 2004 se realizó un esfuerzo suplementario en todas las plantas para mejorar los puestos y las instalaciones existentes. En la división automóviles se dio prioridad a la reducción de los puestos considerados "pesados" (puestos que presentan riesgos patógenos si el personal permanece en ellos durante mucho tiempo). La proporción de estos puestos es del 19% en 2004, frente a un 35% en 1999. El porcentaje de puestos "pesados" se ha dividido prácticamente por dos desde el lanzamiento de la política de ergonomía en 1999. El objetivo es alcanzar un 8% de puestos "pesados". Por otra parte, se aumentó el número de puestos ligeros en los que pueden trabajar todos los empleados, siendo del 37% en 2004 frente a un 26% en 1999. Este esfuerzo continuará hasta que se alcance el objetivo de 60% de puestos ligeros.

Se consideró natural que el nuevo taller de ensamblado de Française de Mécanique destinado al acuerdo de cooperación se beneficiara de estos adelantos que facilitan la vida a los operadores y permiten mejorar la calidad del proceso y la productividad.

En el nuevo taller destinado a la cooperación, una maqueta digital permitió a PSA PEUGEOT CITROËN estudiar todos los puestos de trabajo de ensamblado para **optimizar la adecuación entre el personal y los puestos de trabajo**.

Por ejemplo, los puestos de trabajo pesados se suprimieron para ofrecer a todos los empleados condiciones de trabajo menos arduas y hacer frente al envejecimiento de una parte del personal.

La creación de este taller también constituyó la ocasión ideal para instalar puestos de trabajo adaptados, con el fin de dar a las personas capacidad limitado el puesto que les corresponde en el mundo laboral.

De manera más general, se dio prioridad en el proyecto a las soluciones ergonómicas, como soportes que permitan trabajar en posición sentada o semisentada, sistemas electroneumáticos que



permitan disminuir o anular los esfuerzos de elevación o de atornillado o la instalación de mesas elevadoras giratorias que eviten los movimientos de torsión al agarrar piezas a pie de línea.

### ■ HAMS HALL (BMW GROUP)

La planta de Hams Hall realiza el ensamblado de los bloques motores de las futuras versiones del Mini para BMW Group. Su situación geográfica, cerca de la planta de Oxford, permite gestionar con precisión y flexibilidad el aprovisionamiento en "just-in-time", lo que permite reducir los stocks y los plazos de fabricación. Confiando el ensamblaje de estos motores a la planta de Hams Hall, BMW Group puede garantizar que serán perfectamente conformes a las exigencias de los productos de la marca Mini.

## III - INNOVACIONES EN TODAS LAS ETAPAS DE LA INDUSTRIALIZACIÓN

### ■ EL "LOST FOAM" EN CHARLEVILLE

Para la fabricación de las culatas se utilizan dos métodos de moldeo. La culata del motor de inyección directa es de aluminio y se fabrica según la técnica de fundición en coquilla a baja presión y para el motor atmosférico se utiliza la técnica innovadora de fundición con modelo perdido (lost foam).

Esta técnica aplicada a la fundición de aleaciones ligeras de la planta BMW de Landshut se utilizó por primera vez en serie en un motor de seis cilindros. Los nuevos pequeños motores de gasolina del acuerdo de cooperación se benefician así de una tecnología industrial de gama alta.

La utilización del procedimiento de fundición con modelo perdido para las piezas nobles de grandes dimensiones, alta tecnicidad y fabricadas a una cadencia elevada, como las culatas, es una primicia industrial para la planta de fundición de Charleville de PSA PEUGEOT CITROËN.

La utilización de la técnica "lost foam" ilustra perfectamente la idea de una cooperación "ganador-ganador", ya que la experiencia de BMW Group en este sector fue determinante, mientras que PSA PEUGEOT CITROËN aportó elementos de su base de proveedores para desarrollar esta técnica al mejor precio, haciéndola así abordable en el contexto de la fabricación de motores de pequeñas cilindradas en grandes volúmenes.

La técnica "lost foam" está perfectamente indicada para configurar óptimamente los contornos internos complicados, con las cavidades para los conductos de aire, los circuitos de aceite y de líquido de enfriamiento. A diferencia de las técnicas de moldeo convencionales, el moldeo con modelo perdido es un método que contribuye a reducir el peso del motor. Concretamente, en comparación con el proceso habitual, el material necesario para fabricar la culata se reduce 1 kg, lo que corresponde a una reducción del peso total de la pieza del 8%.

El método de moldeo con modelo perdido es el siguiente: se realiza una maqueta idéntica a la culata en poliestireno, se recubre con una papi-lla refractaria, se somete a vibración en un lecho de arena y se recubre totalmente con arena exceptuando el canal de colada. Durante la operación de moldeo automatizado, el aluminio líquido pasa por el canal, reemplaza la maqueta de poliestireno y adopta la forma de la culata. La gran precisión de este método de moldeo permite integrar detalles muy "finos" como los agujeros para el paso de agua, los conductos de retorno de aceite y los canales blow-by, lo que evita numerosas operaciones de mecanizado mecánico (ver esquema en los anexos). Además, permite integrar funciones en la definición de la pieza de fundición, como los soportes de motor eléctrico, los deflectores en la cámara de agua o el cárter de cadena.



El taller de fundición de Charleville renovó completamente la línea de moldeo con modelo perdido destinada anteriormente a la fabricación de pequeñas piezas según el procedimiento "lost foam". Esta línea es operacional desde el mes de noviembre de 2004 y la cadencia de producción será de 1 150 culatas diarias. También se ha previsto la instalación de dos nuevas líneas: una a finales de 2005 y la segunda a finales de 2007 con el mismo dimensionamiento.

El procedimiento "lost foam" resulta económicamente interesante ya que ofrece un incremento de la productividad del 15% respecto a un proceso en coquilla tradicional. Por su parte, la inversión es un 30% inferior respecto al procedimiento reemplazado. Y, por último, la superficie en el suelo ocupada por este procedimiento es un 15% inferior respecto al procedimiento en coquilla.

En total, el nuevo taller permitirá aumentar la fabricación de culatas un 25% respecto al índice de producción histórico más alto de la planta, lo que permite perennizar y desarrollar las competencias en la planta de Charleville.

Concretamente, en el marco de la ejecución del acuerdo de cooperación, se colarán 86 toneladas de metal diarias, lo que permitirá fabricar 1 culata por minuto.

En total, se impartirán 6 300 horas de capacitación a 116 empleados del taller de moldeo con modelo perdido de Charleville.

## ■ LA DIVISIÓN DE METALURGIA DE MULHOUSE

La División de Metalurgia de Mulhouse interviene en este proyecto como proveedor de piezas brutas, como los cárteres de cilindros, cigüeñales y bielas. En este campo, las innovaciones son numerosas.

## ■ CÁRTER (FUNDICIÓN)

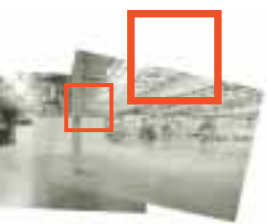
La cooperación PSA PEUGEOT CITROËN - BMW Group dio nacimiento a una solución patentada totalmente nueva: el cárter de aluminio a presión con camisas de fundición incorporadas durante la colada que desembocan en la parte superior de la pieza en un espacio reducido. La innovación consiste en buscar un diseño de camisa que permita asociar los 2 materiales, la fundición y el aluminio, para reforzar la estructura y soportar las temperaturas y las fricciones mecánicas, en un espacio reducido de 7 mm utilizando soluciones técnicas sencillas.

Para el diseño de las herramientas y del proceso fue preciso tomar en cuenta esta nueva arquitectura, lo que se realizó con el mismo presupuesto inicial. Por tanto, el conjunto permite obtener un producto de prestaciones muy superiores por un precio equivalente.

Entre los objetivos prioritarios del proyecto se encontraba la flexibilidad de la herramienta industrial. La línea de fabricación de cárteres de la planta de fundición de Mulhouse es totalmente polivalente, lo que permite fabricar indistintamente cárteres para pequeños motores de gasolina y pequeños motores diesel de familias diferentes. Esta línea será operacional en septiembre de 2005 y permitirá producir 2 500 cárteres diarios.

## ■ CIGÜEÑAL (FORJA)

El cigüeñal ofrece a PSA PEUGEOT CITROËN y BMW Group la ocasión de innovar en el campo de los pequeños motores de gasolina, ya que para optimizar el peso y el coste se prefirió utilizar acero en lugar de fundición. Esta decisión permitió fabricar productos de altas prestaciones por un precio apenas más elevado que un cigüeñal tradicional para motor de gasolina.



Con motivo de esta cooperación se desarrolló otra novedad en el campo del proceso. Los contrapeños del cigüeñal son de material bruto y no requieren mecanizado. Las tolerancias aceptadas durante la forja son por tanto más reducidas, por lo que fue preciso mejorar significativamente el diseño de las herramientas de forja.

La línea de fabricación de cigüeñales también es polivalente, lo que permite fabricar indistintamente piezas para motores de gasolina y motores diesel. Su capacidad de producción será de 200 unidades/hora.

### ■ BIELAS (FORJA)

La innovación en el campo de las bielas consiste en forjar las piezas en doble huella, es decir, de dos en dos. La adaptación de la línea de forja de Mulhouse permitió reducir un 10% el precio de la pieza.

También se realizó un trabajo de precisión con el reglaje de las herramientas con el fin de obtener dos piezas perfectamente idénticas geométricamente.

La línea de fabricación de bielas será operacional a principios de 2006. Actualmente, la línea se encuentra en fase de validación industrial y está prevista para producir 800 piezas/hora.

## IV - PREOCUPACIÓN CONSTANTE POR LA CALIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE

### ■ LA CALIDAD

En el marco del proyecto de cooperación, la gestión de la calidad es una prioridad para los dos grupos. La gestión de la calidad se realiza en base a criterios comunes de BMW Group y PSA PEUGEOT CITROËN, tanto para las piezas mecanizadas como para las piezas compradas.

Para alcanzar este objetivo, PSA PEUGEOT CITROËN y BMW Group decidieron adoptar un modo de funcionamiento coordinado que ofreciera una transparencia total entre las 2 plantas de motores para los problemas de calidad que pudieran surgir, cualquiera que sea su tipo. Con este fin, se adoptaron diversas orientaciones con el fin de aplicar a los proveedores un enfoque común PSA PEUGEOT CITROËN y BMW Group. Este enfoque se está desarrollando actualmente para desplegarlo al mismo tiempo en las 2 plantas de fabricación de motores, en cuanto se ponga en marcha la respectiva fabricación en serie.

Además, se creará una plataforma común "vida-serie" con un equipo PSA PEUGEOT CITROËN - BMW Group encargado del seguimiento de los motores de la cooperación cuando se lleve a cabo el lanzamiento industrial. Esta plataforma gestionará conjuntamente la calidad, para desarrollar la reactividad, la mejora constante de la calidad y la búsqueda permanente de ahorros.

Por último, los objetivos de calidad ambiciosos del proyecto se beneficiaron de la experiencia adquirida en el desarrollo de otros proyectos de motores y, en particular, con la reconducción de la política "TARJETA ROJA", que consiste en aceptar los retoques en la línea de montaje únicamente para un número muy limitado de operaciones, más allá de las cuales el motor se rechaza sistemáticamente, sin recuperar las piezas.

La decisión de adoptar este método se basó en la observación de que en la mayoría de los casos de incidentes de los clientes, el motor inculpinado había sido retocado en la planta. Este método radical demostró su valor en los motores DV, como lo confirman los resultados con los clientes desde su lanzamiento en 2001.

### ■ EL RESPETO DEL MEDIO AMBIENTE

Aunque la industria del automóvil no se considera como particularmente agresiva para el



medio ambiente, las molestias industriales son una preocupación para una gran parte de los ciudadanos, a dos niveles: diariamente, en relación con la calidad de vida cerca de las plantas y, de manera general, en relación con los riesgos reales o supuestos de accidentes ecológicos. Por esta razón, el grupo PSA PEUGEOT CITROËN aplica en sus instalaciones industriales una política global destinada a garantizar en todos los casos el respeto del medio ambiente, tanto en materia de protección del medio como de calidad de vida de la población aledaña.

El objetivo del proyecto, desde el inicio, ha sido mejorar las instalaciones existentes y contribuir a reducir el impacto medioambiental de **Française de Mécanique**, que ya posee la certificación ISO 14001. La norma ISO 14001, creada en 1996, requiere la utilización de medios operativos de vigilancia, control y medición de los efectos de los procesos en el medio ambiente. Con este fin, su aplicación requiere la formación apropiada de todo el personal. Este sistema ha sido diseñado para alcanzar los objetivos medioambientales fijados por cada planta y se aplica a nivel mundial.

En **Française de Mécanique** se realizaron estudios de riesgos industriales consecuentes durante las fases de definición de los procesos y de los talleres, que fueron validados por los órganos administrativos.

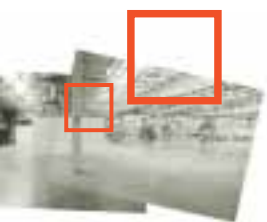
Para el proyecto se decidió seguir el camino de "cero vertidos", mediante el análisis preciso de los residuos industriales y de su tratamiento. Por ejemplo, el agua de lavado de las piezas y los fluidos de corte usados se tratarán por evapoconcentración. Las aguas limpias recuperadas se reinyectarán en el proceso y los residuos finales serán destruidos por centros competentes. De este modo, no se utilizará la estación depuradora de Française de Mécanique. Además, la mayor parte de las piezas se acondiciona en embalajes permanentes, lo que permite reducir los volúmenes a reciclar.

La planta de **fundición de Charleville** también respeta sus compromisos con la certificación ISO 14001 desde 2002 y la integración de este nuevo proceso se llevará a cabo con el mismo espíritu, manteniendo la misma eficacia en el campo del tratamiento de los residuos e implicando a todo el personal presente.

El diseño y la construcción de la planta de **Hams Hall**, inaugurada en enero de 2001, son muy modernos. En conformidad con los estándares internacionales de la red de producción de BMW Group, la planta invierte constantemente en las mejores tecnologías con el fin de reducir al mínimo el impacto en el medio ambiente.

Con esta óptica, se evalúa regularmente el impacto real o potencial de todas las actividades industriales de la planta en el medio ambiente. Por otra parte, BMW Group adopta regularmente medidas destinadas a mejorar la eficacia ecológica de la planta limitando la contaminación, eliminando, reduciendo y reciclando los residuos. Los objetivos de la planta en el ámbito de la protección del medio ambiente son superiores a la normativa y, cuando es posible, a las recomendaciones de la Agencia [Europea] para el Medio Ambiente.

La planta de Hams Hall obtuvo la certificación ISO 14001 en junio de 2001, es decir, seis meses después de su puesta en marcha. Cada año, la planta se somete a una auditoría interna y realiza paralelamente estudios medioambientales a escala local para garantizar el respeto de todas las normativas aplicables e identificar los ejes de mejora potenciales. El impacto medioambiental de todos los proyectos realizados en la planta se somete a una evaluación durante la fase de planificación, pero también durante la fase de aplicación, con el fin de identificar y tomar en cuenta todos los problemas potenciales.



En 2004, gracias a todos estos procedimientos y medidas, se clasificó y recicló el 94% de los residuos producidos en la planta. El mismo año, se redujo el consumo de agua un 17% y la cantidad de residuos secos depositados en vertederos disminuyó en la misma proporción. El agua de lluvia recogida en el techo de la planta y del edificio de oficinas se transporta a embalses que permiten regular el caudal del curso de agua local y evitar la saturación del sistema de drenaje de las aguas de superficie de la planta. Las aguas de escorrentía y las capas freáticas se controlan cada mes, para prevenir cualquier modificación de su nivel que podría repercutir en el medio ambiente.

En 2004, el consumo energético por motor fabricado se redujo un 28% respecto a 2003, gracias a diversas medidas: instalación de variadores de velocidad, mejora de la eficacia de los sistemas de tratamiento del aire, de control del aire comprimido, de calefacción y alumbrado. Paralelamente se implicó al personal, mediante campañas de comunicación sobre el ahorro de energía. Las medidas de reducción del consumo de energía adoptadas en 2004 representan una disminución total de 4 346 toneladas de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Ninguna de las actividades de la planta de Hams Hall tiene repercusiones en la calidad del aire. Las emisiones y el consumo de la gasolina utilizada en los bancos de prueba se controlan permanentemente. Además, todos los bancos de prueba están equipados con catalizadores. Todos los sistemas de tratamiento del aire, incluidos los de la zona de producción, están equipados con filtros de partículas, lo que evita el vertido de agentes contaminantes en la atmósfera.

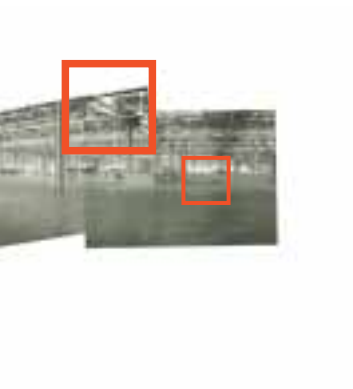
La planta de Hams Hall no sólo no es criticada ni atacada por grupos ecologistas sino que, al

contrario, es reconocida en la región de West Midlands por su civismo en el campo medioambiental y es citada frecuentemente por los observadores y los organismos correspondientes como un ejemplo de las mejores prácticas.

En 2003, gracias a su acción en favor de la protección de la fauna y flora locales y del medio ambiente, la planta fue premiada por el West Midlands Wildlife Trusts y el Warwickshire Wildlife Trust, primera organización local de protección de la naturaleza. El mismo año, la planta fue galardonada con el Civic Trust Award, premio regional que recompensa las normas arquitectónicas de los edificios, la calidad de la ordenación del paisaje y su perfecta integración en el medio ambiente.

Estas realizaciones y estas distinciones son el punto culminante de las medidas adoptadas para crear un entorno en perfecta armonía con el paisaje de esta zona, que sigue siendo campestre en su mayoría. Además de varios jardines y estanques artificiales, se creó una isla artificial, donde los pájaros anidan, en la mitad del lago más grande (57 millones de m<sup>3</sup> de agua), muy rico en peces. La vegetación se dejó en manos de la naturaleza y las visitas del equipo de paisajistas están estrictamente limitadas. La diversidad de la vegetación en la planta sirve de refugio a todo tipo de animales.

La planta de Hams Hall se ha convertido incluso en centro de conferencias de diversos organismos locales de protección del medio ambiente (West Midlands Biodiversity Partnership, West Midlands Regional Assembly y Warwickshire County Council) que intentan promover un comportamiento cívico entre las otras empresas y organizaciones en el campo de la preservación del medio ambiente, de la gestión de residuos y del consumo de energía.



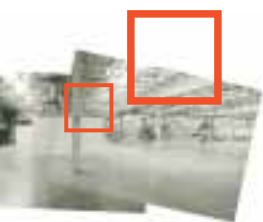
## ANEXOS

### I - PROCEDIMIENTO DE MOLDEO CON MODELO PERDIDO: ¿CÓMO FUNCIONA?

### II - LAS PLANTAS DEL PROYECTO

- Française de Mécanique
- Charleville
- La División de Metalurgia de Mulhouse
- La planta Hams Hall





# Le procédé à modèle perdu

Technique innovante utilisée en fonderie, le procédé à modèle perdu (PMP) ou « lost foam » constitue une alternative intéressante à des techniques de fonderie plus classiques comme le moulage « coquille ». Economique et efficace, il permet de produire des pièces de formes complexes (ex : culasses) avec une très fine précision.

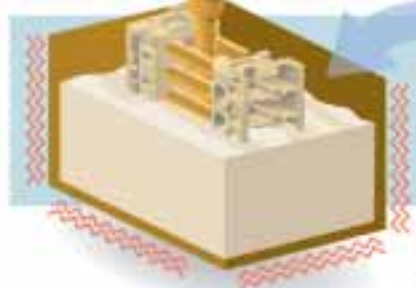
## 1 Fabrication du modèle

Une réplique exacte de la pièce à fondre est réalisée en polystyrène expansé (matière qui fond à la chaleur). Pour une pièce à géométrie complexe (cavités internes, allègements, renforts...), différentes parties peuvent être assemblées puis collées pour former le modèle.



## 2 Application de la couche réfractaire

Plusieurs modèles sont ensuite montés en « grappe » et plongés dans un bain pour être enduits d'une couche réfractaire qui, en séchant, devient rigide.



## 3 Moulage

La grappe est alors noyée dans du sable calibré qui, sous l'effet de vibrations, vient remplir tous les creux des modèles et se compacte. Le sable forme ainsi le moule dans lequel la pièce sera coulée.

## 4 Fabrication de la pièce

Le métal en fusion est enfin coulé dans le moule. Sous l'effet de la température, le polystyrène se décompose (pyrolyse) et laisse sa place à l'alliage. Après refroidissement, la pièce métallique est extraite du sable, réplique parfaite du modèle. La couche calcinée est nettoyée de la surface de la pièce. Le sable, quant à lui, est recyclé.





## LAS PLANTAS DEL PROYECTO

### ■ FRANÇAISE DE MÉCANIQUE (PSA PEUGEOT CITROËN)

Creada en 1969, Française de Mécanique, situada en Douvrin (Francia), es controlada a partes iguales por el grupo PSA PEUGEOT CITROËN y Renault, y es uno de los centros de fabricación de motores más importantes del mundo. La planta cuenta con una plantilla de 4 500 empleados.

Sus departamentos de mecánica -mecanizado y ensamblado- fabrican motores a una cadencia de más de 8 000 unidades diarias (TU y DV para PSA PEUGEOT CITROËN, D para Renault, ES/L para PSA PEUGEOT CITROËN y Renault).

La planta también cuenta con una unidad de fundición, que cesará sus actividades a finales de 2005.

A finales de 2005, Française de Mécanique fabricará la nueva familia de pequeños motores de gasolina, fruto de la cooperación entre el grupo PSA PEUGEOT CITROËN y BMW Group, en una nueva unidad de producción (capacidad de 2 500 motores diarios).

### ■ CHARLEVILLE (PSA PEUGEOT CITROËN)

Creada en 1974 al pie del macizo de Ardenes, la planta de fundición de Charleville fabrica piezas brutas, de fundición de grafito esferoidal y de aleación de aluminio (piezas de grupos motopropulsores y de contacto con el suelo) destinadas a las unidades de mecanizado o de ensamblado del Grupo.

La planta de Charleville también dispone de un taller de prototipos que realiza elementos de fundición para los futuros motores y vehículos del Grupo. La planta fabrica diariamente 300 toneladas de piezas de fundición (pivotes de dirección, largueros, soportes de traviesas, brazos de suspensión) y 166 toneladas de piezas de aleación de aluminio (culatas, soportes para motores, cárteres para motores V6, elementos de contacto con el suelo). La planta cuenta con una plantilla de 2 680 empleados.

### ■ LA DIVISIÓN DE METALURGIA DE MULHOUSE (PSA PEUGEOT CITROËN)

La División de Metalurgia de Mulhouse, instalada en la planta de Mulhouse, reagrupa desde el mes de septiembre de 2003 la actividad de los departamentos de forja, fundición y herramientas. Esta divi-

sión está compuesta por 3 departamentos operativos (Forja, Fundición y Herramientas) y cinco funciones de apoyo (Calidad, Gestión, Coordinación de la Producción, Management y Síntesis Industrial).

El departamento de **Forja** fabrica el 70% de las piezas forjadas de acero (250 tipos) utilizadas en el Grupo: piezas de alta técnica que refuerzan la resistencia y la seguridad de los motores, cajas de cambios y elementos de transmisión y de tren. Las técnicas utilizadas son variadas: estampación tradicional, forja en semicaliente y en frío, tratamiento térmico y acabado de las piezas. El departamento de forja fabrica diariamente más de 400 toneladas de piezas destinadas a las plantas mecánicas de PSA PEUGEOT CITROËN.

El departamento de **Fundición** es una unidad de fundición de aluminio a presión que suministra, para satisfacer aproximadamente el 35% de las necesidades del Grupo, cárteres de cilindros y sombreretes de cojinetes, con insertos. El departamento de fundición fabrica diariamente más de 100 toneladas de piezas.

La misión del departamento de **Herramientas** es diseñar, fabricar y comercializar herramientas de forja, fundición y embutición destinadas principalmente a las plantas de piezas brutas del Grupo pero también a los clientes externos.

La división de Metalurgia de Mulhouse cuenta con una plantilla total de 1 440 empleados.

### ■ LA PLANTA HAMS HALL (BMW GROUP)

Inaugurada en enero de 2001, la planta de Hams Hall es el centro de excelencia de la red internacional de producción del grupo BMW para los motores de gasolina de 4 cilindros (1,6, 1,8 y 2,0 litros). Los motores fabricados en Hams Hall son los primeros que incorporan la tecnología Valvetronic de BMW.

En enero de 2005, el 500 000º motor fabricado en Hams Hall salió de las líneas de fabricación de la planta. Los motores fabricados en esta planta británica se envían a continuación a las plantas de automóviles de BMW en Alemania (Múnich, Regensburg y Leipzig), Sudáfrica (Rosslyn) y Estados Unidos (Spartanburg). Estos motores equipan las versiones de gasolina de 4 cilindros de los BMW serie 1, serie 3 y del Roadster Z4. La planta cuenta con una plantilla de 650 empleados.