

GESTIÓN DE LA MEJORA EN LA FABRICA DE JUZBADO

J. MONTES

La disminución paulatina de precios del combustible nuclear hace necesaria la aplicación de nuevos métodos de gestión enfocados a la mejora de eficiencia operativa. ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS, dentro de su área de fabricación de combustible nuclear, ha implantado un sistema basado en la integración de Seis Sigma y Fabricación Ágil (Six Sigma + Lean Manufacturing). La aplicación sistemática de estas herramientas nos permite acometer proyectos enfocados a mejorar las características críticas de nuestros clientes (CTQ) y a incrementar la productividad (CTC). Como consecuencia de esto se han implantado nuevas herramientas de gestión de la producción, modificaciones importantes en el establecimiento en planta de los equipos (*lay-out*), nuevo sistema de trazabilidad y control de material nuclear (MEDEA) así como actuaciones específicas sobre los cuellos de botella. Estos proyectos, en curso actualmente, nos permitirán satisfacer la demanda del mercado en calidad, volumen y precio con una adecuada tasa de rentabilidad.

The gradual decrease of nuclear fuel prices makes necessary the application of new management methods focused on improving efficiency. ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS, within its fuel assembly manufacturing area, has implemented a system based on the integration of Six Sigma + Lean Manufacturing. The systematic application of these tools allows us to initiate projects mainly focused to improve our customer's critical characteristics (CTQ) and, at the same time, to increase productivity (CTC: critical to cost). As a consequence of this, we have implemented new tools of manufacturing management, important modifications in the lay out of the manufacturing equipment in the shop, a new traceability and nuclear material control systems (MEDEA) as well as specific improvement action on the "bottle necks". These projects, currently on going, will allow us to accomplish the market demands on quality, volume and price with an appropriate profitability.

En los últimos años, la evolución del mercado se ha caracterizado por una disminución de precios de fabricación dando lugar a un replanteamiento de las operaciones de la fábrica. Se ha iniciado un programa de mejora de la eficiencia operativa de la instalación siempre respetando, como valores irrenunciables, el compromiso con la operación segura de la planta y la mejora de calidad de los productos.

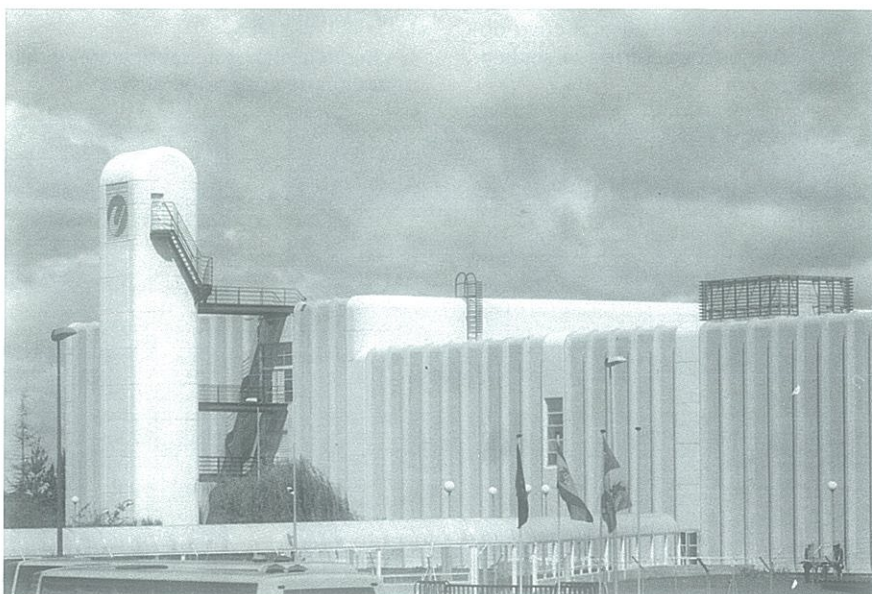
Es preciso hacer una breve introducción de la instalación para poder describir el programa que se está llevando a cabo. La fábrica de Juzbado se distribuye en tres áreas diferenciadas:

- Fabricación cerámica: 3 líneas para la fabricación de pastillas de UO_2 y una línea de pastillas de $UO_2-Gd_2O_3$.
- Fabricación de Barras Combustibles: 3 líneas para barras de UO_2 y 1 línea de barras $UO_2-Gd_2O_3$, terminando ambas en 1 línea de inspección por END.
- Montaje de Elementos Combustibles: 1 línea BWR y tres líneas PWR.

Los productos que ENUSA fabrica son los siguientes (ver figura 1):

- PWR: 17*17 12"; 17*17 14"; 14*14; 15*15 y 16*16.
- VVER: 440
- BWR: GE12 y GE14

El paradigma es una fábrica con una carga de producción baja (en comparación con otros suministradores) y con una gran diversidad de productos. Existe pues una primera dificultad por escala y a su vez, por falta de estandarización.



Fábrica de Juzbado.

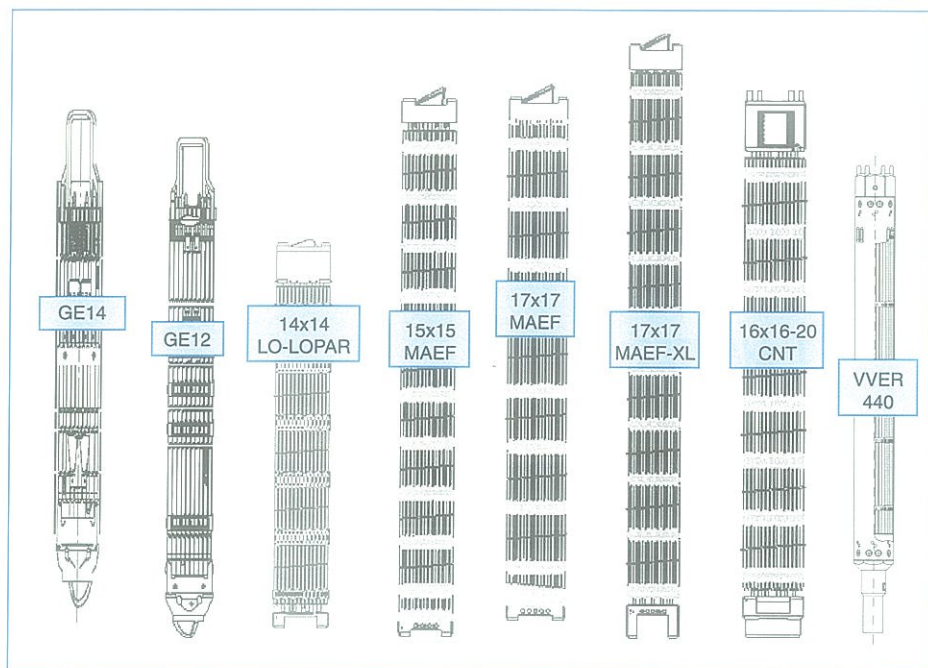


Figura 1.

La gestión de la producción debe dar respuesta al mercado en su demanda de variedad de productos, de alta calidad y con plazos cortos de fabricación, todo ello con una rentabilidad suficiente.

El programa de eficiencia operativa en el cual la fábrica está inmersa conlleva dos actuaciones en paralelo enfocadas al mismo fin:

- 1.- Fabricación Ágil
(Lean Manufacturing)
- 2.- Seis Sigma

En realidad ambas están muy relacionadas por lo que se han integrado en un único modo de gestión cuyo objetivo podemos formular de la siguiente manera:

"Buscamos aumentar la satisfacción de nuestros clientes, y por tanto nuestra competitividad, a través de un marco estructurado que nos permita mejorar, de manera simultánea, aquellos aspectos críticos para el cliente (CTQ: Critical to Quality) y aquellas áreas del proceso que son críticos para nuestros costes (CTC: Critical to Cost), todo ello sin merma ninguna de la seguridad de nuestra instalación y con el máximo respeto al medio ambiente"

Las líneas de actuación emprendidas son las siguientes:

- Logro y mantenimiento de altos niveles de calidad.
- Reducir plazos de fabricación y disminución de costes operativos.

CALIDAD

La calidad juega un papel primordial en nuestras operaciones ya que tiene dos enfoques muy importantes. Por un lado, calidad es aquello que percibe el cliente del producto, y por otro lado es una herramienta fundamental en la disminución de costes (disminución de tiempos de fabricación y aumento de capacidad).

La primera pregunta que surge es ¿qué es calidad para el cliente?; puede resumirse en una sola frase: "fiabilidad en la operación". Nuestro objetivo en el proceso de producción no puede ser otro que contribuir al logro de esta necesidad mediante un producto libre de defectos de fabricación. El despliegue de esta necesidad nos identifica aquellas características críticas (CTQ) que pudieran contribuir a la pérdida de hermeticidad de la barra combustible. Estas han de fabricarse e inspeccionarse de manera robusta y por ello, en los últimos años, se han emprendido varias acciones específicas:

- **Pastilla combustible.** Se han efectuado mejoras en los sistemas de medición de diámetros por láser. En lo relativo a la inspección visual de la pastilla se ha implantado, por un lado, un sistema de inspección visual mediante visión artificial (ver figura 2) y por otro, se ha instalado una nueva cabina de inspección visual manual rediseñada con criterios ergonómicos.

En ambos casos se pretende mejorar el error beta de la inspección de pastillas en aquellas características más críticas. En la inspección por visión artificial, se logra mediante una alta repetibilidad. En el segundo caso buscamos evitar la fatiga, por medio de la mejora ergonómica.

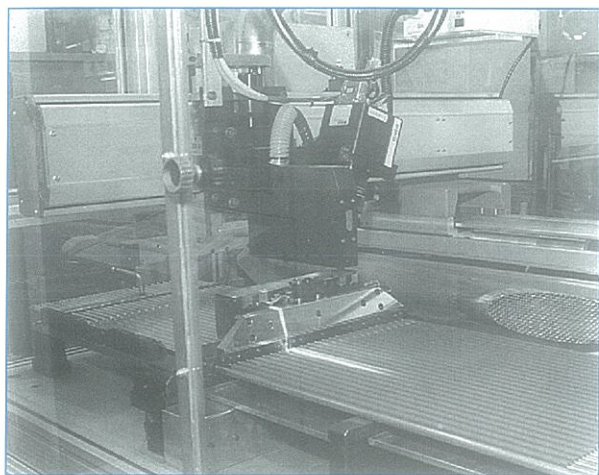


Figura 2.

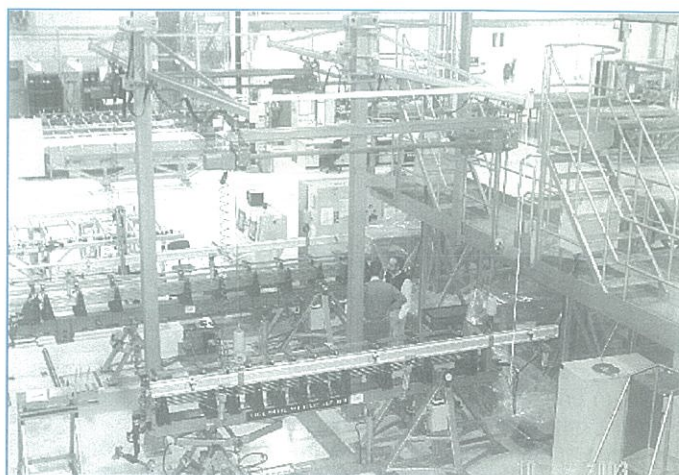


Figura 3.

El sistema robotizado de inspección de pastillas, con su sistema láser mejorado, entró en operación en mayo de 2002. La nueva cabina de inspección visual manual esta en funcionamiento desde principios de febrero de 2003.

- Barras Combustibles. En los procesos de soldadura de barras se han ido incorporado nuevas fuentes de potencia con sistemas de "soft start". La misión de estos nuevos sistemas es múltiple, por un lado se logra una gran estabilidad del arco, lo cual facilita la soldadura evitando rechazos, y por otro lado, se disminuye aún más la posibilidad de contaminar con W la soldadura en los inicios de arco, aspecto este importante ya que es una posible causa de fallo en operación por potencial pérdida de resistencia a la corrosión.

Aunque la implantación no es reciente, cabe destacar que somos la única fábrica que emplea un sistema de inspección por corrientes inducidas de la superficie de la barra al final del proceso, sistema que revelaría cualquier daño no pasante que pudiera tener en su superficie exterior debido a daños de manipulación.

- Combustible: Otra de las mejoras implantadas tiene relación con un problema tradicional de manejo de combustible. Esta mejora consiste en la instalación de sistemas de ayuda para el manejo de esqueletos en los útiles de fabricación. El esqueleto es un elemento poco rígido con unas tolerancias muy estrechas, el posicionamiento manual conlleva dos tipos de riesgo, uno para el producto y otro para la persona (por su dificultad de manejo). En la figura 3 pueden observarse estos sistemas.

REDUCIR PLAZOS DE FABRICACIÓN Y DISMINUCIÓN DE COSTES OPERATIVOS

Las dos actuaciones técnicas más importantes son: el nuevo establecimiento en planta (LAY-OUT) y el nuevo sistema de trazabilidad y control de material nuclear (MEDEA).

Ambos responden a la decisión de aumentar la capacidad global de la fábrica y mejorar la eficiencia mediante la explotación más económica de sus medios. Como se ha descrito al principio, la fábrica se caracteriza por tener unidades discretas de producción (3 líneas) pero una sola línea de inspección de barras.

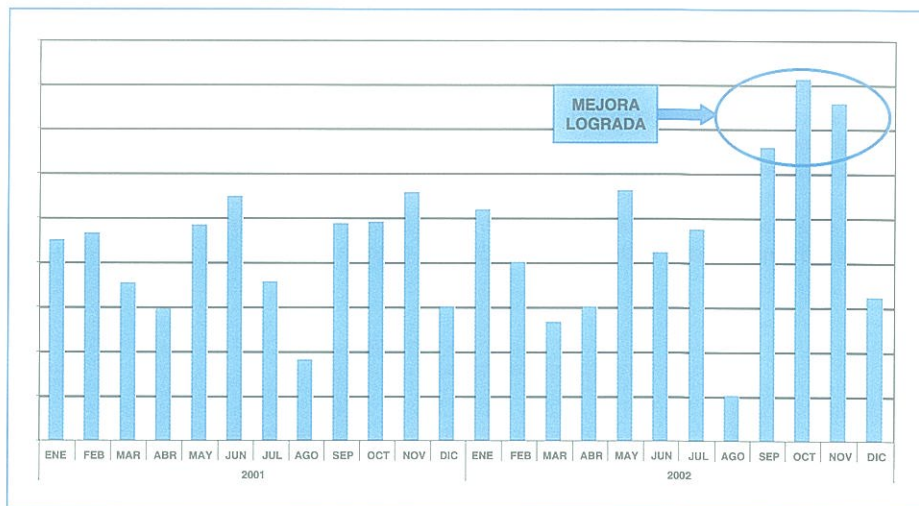


Figura 4. Producción de ENUSA 2001-2002.

ENUSA gestiona la fabricación de combustible mediante la aplicación simultánea e integrada de sistemas de "lean manufacturing" y "seis sigma". El objetivo es el incremento de capacidad de fabricación por unidad de tiempo en cada una de sus líneas, aumentar la versatilidad de las mismas y lograr el margen suficiente para abordar más carga de producción. Para alcanzar este objetivo es necesario reducir los tiempos de fabricación sin incurrir en costes adicionales. Usamos el siguiente concepto:

Capacidad Real = Capacidad Técnica/turno * Número turnos * Eficiencia de la línea

Eficiencia de línea (OEE) = % Calidad * % Disponibilidad * % Uso

Existen pues 5 parámetros que pueden ser trabajados de manera independiente, cuyo resultado es multiplicador:

Calidad: Como ya hemos mencionado la "calidad" es un parámetro que sirve a dos fines, la calidad que requiere el cliente (CTQ: Critical To Quality) que tiene motivación externa y esa otra calidad que requiere el proceso (CTC: Critical To Cost) cuya motivación es interna y ayuda a incrementar la eficiencia interna de la fábrica.

Disponibilidad: Este parámetro significa el porcentaje en tiempo que la línea está disponible para fabricar y por tanto para añadir valor. Es un parámetro gobernado por las organizaciones de Ingeniería de Planta y Mantenimiento. Dos formas de actuación que se están introduciendo aquí, son: el DFSS-DFR (Diseño para Seis Sigma-

Diseño para Fiabilidad) y el RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad)

Uso: Este parámetro indica el porcentaje del tiempo que estando la línea disponible, realmente es usado para fabricar. Es un parámetro de gestión de la producción. De cara a aprovechar al máximo el uso, se ha adoptado una metodología de producción llamada CONWIP-HYBRID (Constant Work In Process-Kamban). Esta metodología básicamente implica que la explotación de una línea ha de hacerse a su máxima capacidad o en su defecto pararla. Se adopta el sistema híbrido que significa tener algún almacén intermedio, diseñado previamente, para equilibrar las líneas y adaptarlas al producto. El sistema nos ayuda a gestionar la subactividad reenfozándola a tareas de automantenimiento o reforzamiento de los cuellos de botella.

Gestión de Turnos: consiste en la generación de estándares de producción por producto para la minimización de tiempos.

Capacidad Técnica / turno: Este parámetro esta controlado por la ingeniería de proceso. El tiempo de fabricación se puede dividir tecnológicamente en dos conceptos:

- Tiempo de transformación (añadiendo valor)

- Tiempo de espera y movimiento entre equipos (coste).

Para aumentar la capacidad es imprescindible buscar la minimización de ambos tiempos. Normalmente un análisis detallado muestra que el segundo es mucho más fácil de trabajar. De

aquí parte el proyecto del nuevo LAY-OUT (disposición de equipos en planta) actualmente en ejecución. Se busca una mejora significativa mediante la disminución de tiempos de movimiento. La fabricación estará concentrada en una parte de la fábrica con movimientos muy cortos entre equipos y si-

tuando las estaciones de una misma etapa de proceso muy cercanas entre sí. Se intenta, asimismo, dar versatilidad a las estaciones para los tres tipos de productos: PWR, BWR y VVER. Los diagramas de hilos muestran las modificaciones de los flujos de materiales (figuras 5, 6 y 7)

Básicamente el nuevo LAY-OUT puede describirse brevemente de la siguiente manera:

1.- Traslado del almacén de componentes al área del muelle de entrada condensando almacén, recepción y control de calidad de componentes.

2.- Traslado de la línea de primera soldadura BWR al área PWR situando las tres líneas en paralelo y haciéndolas versátiles.

3.- Unificación del sistema de inspección de soldaduras: Ultrasonidos.

4.- Traslado de la línea de barras BWR a la zona de PWR y conseguir versatilidad.

5.- Traslado del equipo de UT y gamma scanner pasivo para hacer una isla de control de calidad en la salida del área cerámica con todos los equipos concentrados y conectados con sistemas de movimiento automático.

6.- Eliminación de bandejas para mejora de la calidad de producto y de la ergonomía de las operaciones.

7.- La línea cerámica BWR queda como línea soporte haciéndola versátil para UO_2 y UO_2 - Gd_2O_3 , reforzado el concepto de "seguridad de suministro".

8.- Traslado de un almacén de barras al lugar más cercano del último punto de inspección y del robot de carga de combustible.

Por otro lado, identificadas las etapas de proceso que son cuellos de botella de fábrica, se están realizando acciones específicas:

- Nuevo torno de mecanización de tapones (fecha de inicio de puesta en marcha: Mayo 2003)
- Nueva prensa (Diciembre 2003).
- Mejora y sustitución de utillajes de sinterización (Nuevos materiales Mo-La)
- Aumento de capacidad de prensas.

En la misma línea de mejora de capacidad técnica y de disponibilidad se sitúa el nuevo sistema informático de trazabilidad y control de material nuclear (MEDEA).

MEDEA: Es el nombre del proyecto que pretende actualizar y completar los sistemas de información relacionados con la fabricación del combustible, en la fábrica de Juzbado.

Actualizar: Parte de la producción actual está soportada por el sistema

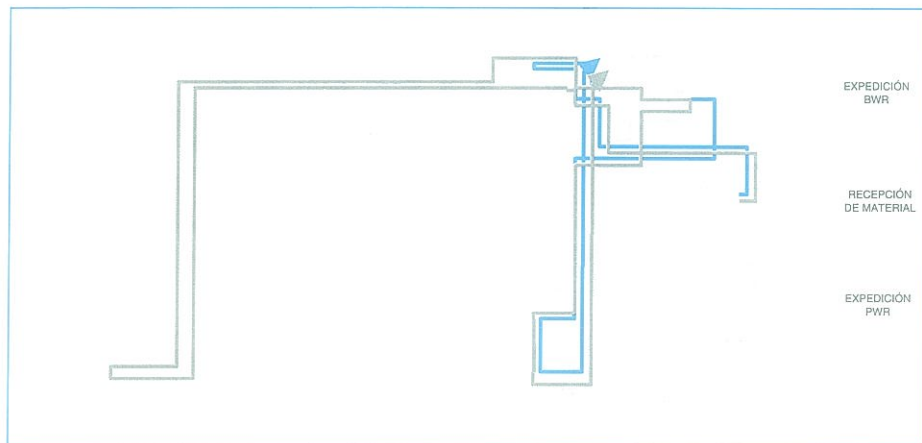


Figura 5. Diagrama de flujos de fabricación actual BWR.

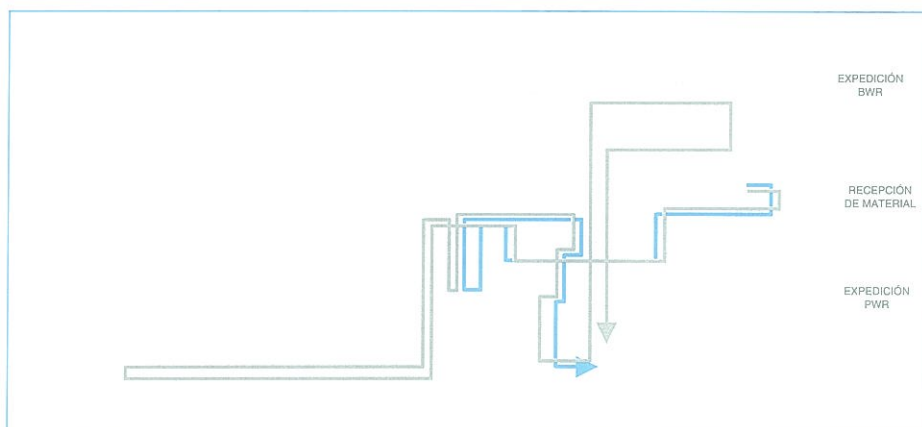


Figura 6. Diagrama de flujo de fabricación actual PWR.

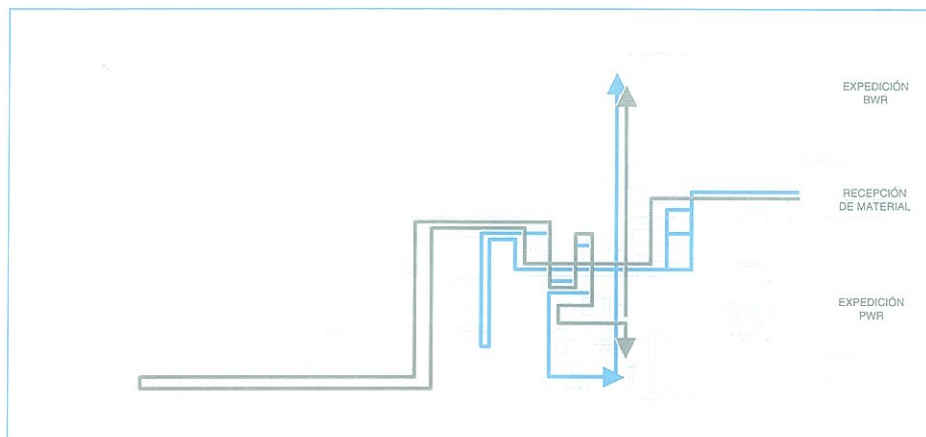


Figura 7. Diagrama de flujo de fabricación PWR y BWR tras el nuevo lay-out.

PATMAN. Habiendo cumplido su función durante años, PATMAN se enfrentaba desde 1996 a dos problemas de difícil solución:

Obsolescencia:

Las máquinas que soportan PATMAN necesitan ser sustituidas y el software utilizado es costoso de mantener.

Crecimiento:

Las nuevas necesidades y mejoras no podían abordarse sobre PATMAN a un coste razonable.

Completar: Existen áreas que aún sin informatizar y muchas tareas (inspecciones y chequeos) que aún siguen utilizando papel, Medea intentará cubrir estas carencias.

Las características de diseño más importantes son:

Homogeneidad: Presentar una solución que permita al sistema crecer de forma homogénea, sin nuevos programas que acaban tejiendo un puzzle complejo de mantener. Medea es un "framework" de soluciones sobre las cuales se puede programar una operación específica, utilizando servicios generales que se desarrollan aparte.

Flexibilidad: Un diseño que permita abordar una nueva operación en un plazo de días.

Integración: Un sistema que se comunique fácilmente con otros sistemas corporativos de la empresa.

La arquitectura de MEDEA se muestra en la figura 8.

Las mejoras de Medea no se aportan solamente desde el software, sino que se actúa simultáneamente en tres áreas.

Hardware: Se ha pensado un sistema redundante de 2 servidores que permitan trabajar ante la indisponibilidad de alguna de las 2 máquinas.

Base de Datos: Será soportada por otras 2 máquinas redundantes que intentan garantizar la disponibilidad de la base de datos

Software: La tecnología escogida, J2EE, permite independizar a la hora de desarrollar la lógica, del tratamiento de los datos y de su presentación. También se obtiene un alto grado de independencia del puesto final de trabajo y de fabricantes de sistemas operativos u otros costes encubiertos. Lo más chocante o novedoso es que

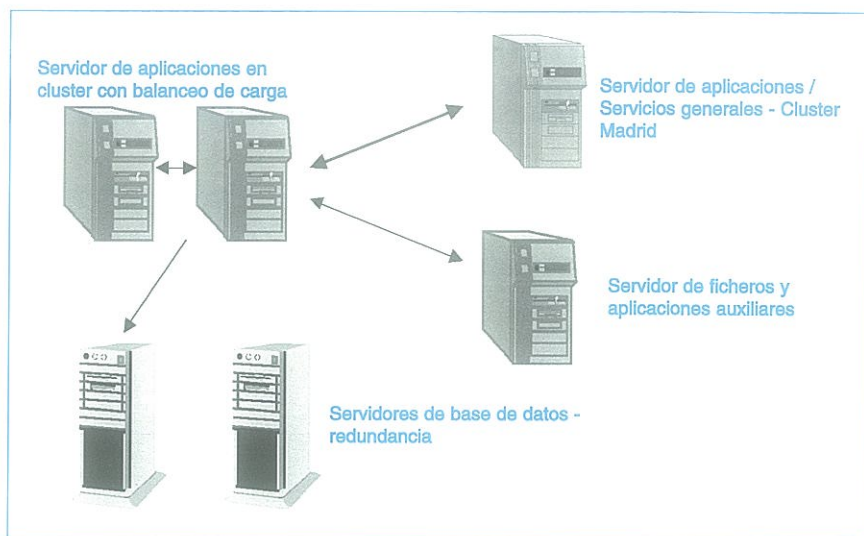


Figura 8.

Medea será un sistema tipo Internet con todas las ventajas de futuro añadidas.

Con esta redundancia y la tecnología asociada se espera reducir sensiblemente:

- Los "bloqueos" a la base de datos.
- Tiempos de indisponibilidad del sistema.

Con un sistema más flexible se espera reducir:

- Las intervenciones manuales a la base de datos (MER).
- Las operaciones soportadas con papel.

- Los tiempos para adecuarse a necesidades de proceso.

Con el diseño del sistema se pretende ofrecer:

- Un "mismo" sistema para todo lo relacionado con la fabricación
- Utilizar en un futuro Medea para ofrecer información al exterior y a otros sistemas de información de ENUSA sin sobrecoste.

Como conclusión final de lo aquí expuesto, podemos afirmar que todos estos proyectos, que poco a poco se están convirtiendo en realidad, están enfocados a reforzar la posición de ENUSA en el mercado con una clara vocación de satisfacer, al mínimo coste, las demandas del mercado.



Javier MONTES NAVARRO es Ingeniero industrial por la ETSII Madrid. Master en Dirección y Administración de Empresas por el Instituto de Empresa (Madrid) y diplomado en Calidad y Fabricación de Equipos por el ICAI (Madrid). En 1983 inicia su carrera profesional en Empresarios Agrupados como ingeniero de Control de Calidad de equipos para centrales térmicas y nucleares. En 1985 se incorpora a ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS, donde, tras un periodo de formación en EE.UU. en las instalaciones de General Electric, presta su servicio en el Departamento de Ingeniería de Producto. Desde entonces ha ocupado distintos puestos de responsabilidad creciente: en 1990 es nombrado jefe de Ingeniería de Materiales, en 1996 jefe de Control de Calidad, ese mismo año pasa a la Jefatura de Gestión de Calidad. Desde noviembre de 2001 ocupa la Jefatura de Fabricación siendo responsable de la Planificación, Producción, Control de Calidad, Laboratorios, Ingeniería de Equipos, Ingeniería de Planta y Mantenimiento. Ha sido el líder de la implantación del programa Seis Sigma en ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS, actividad iniciada en 1997. Actualmente, y ya dentro de sus nuevas responsabilidades, está inmerso en la puesta en marcha de un programa de eficiencia operativa basado en la aplicación conjunta del Seis Sigma (DMAIC y DFSS) junto con sistemas de Lean Manufacturing. Actualmente preside el Comité Seis Sigma de la Asociación Española para la Calidad (AEC).