

# Métodos y técnicas para la Mejora del proceso de mantenimiento<sup>1</sup>

Macario Polo Usaola <sup>+</sup>, Juan Garbajosa Sopeña <sup>\*</sup>,

Mario Piattini Velthuis <sup>+</sup>, Francisco Ruiz González <sup>+</sup>

**Ponente:** Francisco Ruiz González

{mpolo, mpiattin, fruiz}@inf-cr.uclm.es; jgs@eui.upm.es

<sup>+</sup>Escuela Superior de Informática

Universidad de Castilla-La Mancha

Ronda de Calatrava, 7

13071-Ciudad Real

España

<sup>\*</sup>Escuela Universitaria de Informática

Universidad Politécnica de Madrid

Carretera de Valencia, Km. 7

28031-Madrid

España

<http://alarcos.inf-cr.uclm.es>

## Resumen.

En los últimos años se han propuesto diferentes modelos destinados a la evaluación y mejora de procesos software, como ISO/IEC 15504, el CMM del SEI o el Bootstrap de la Unión Europea. Generalmente, la aplicación de tales modelos se ha centrado en el Proceso de Desarrollo de software, existiendo poca experiencia en otros procesos.

En la mayoría de estos modelos es posible identificar una "línea de base" que puede utilizarse como referencia para la determinación de los aspectos que son mejorables en el proceso.

En este trabajo presentamos un enfoque para la evaluación, control y mejora del proceso de mantenimiento mediante la descripción del proceso de mantenimiento desarrollada en Mantema, una metodología para la gestión del proceso de mantenimiento, analizando su adecuación a algunos de los diferentes niveles de madurez de CMM o Bootstrap.

## Introducción.

En los últimos quince años se han propuesto diversos modelos para la evaluación y mejora de procesos software, como CMM, SPICE (descrito en ISO/IEC 15504), Bootstrap o Trillium Si tienes referencias yo añadiría una para cada uno. . A la hora de evaluar procesos, éstos se hacen corresponder a alguno de los niveles de madurez definidos por el marco de referencia que se esté utilizando. Así, por ejemplo, SPICE define seis *niveles de capacidad* de los diferentes procesos software, mientras que CMM y Bootstrap definen los cinco que mostramos en la Tabla 1 (Paulk, 1995).

Por lo general, la evaluación y mejora de procesos software se aplica a los procesos de Desarrollo y Mantenimiento de software, incluidos en el grupo de "Procesos principales" del ciclo de vida software definidos por el estándar internacional ISO/IEC 12207 (ISO/IEC, 1995).

Además de los procesos principales, ISO/IEC 12207 contempla dos conjuntos adicionales de procesos: los Procesos de la organización y los de Procesos de Soporte. Como se muestra en la Figura 1, el Proceso de Mejora está incluido en el conjunto de Procesos de la Organización y, de acuerdo al estándar, se utiliza para "establecer, valorar, medir, controlar y mejorar los procesos del ciclo de vida del software".

ISO/IEC 12207 define también un Proceso de Adaptación, no incluido en ninguno de los grupos anteriores, que se utiliza para adaptar el estándar a las diferentes características de cada proyecto, proceso o entorno.

En Polo et al. (1999a) mostramos el modo en que aplicamos el Proceso de Adaptación de ISO/IEC 12207 al Proceso de Mantenimiento definido en el propio estándar para obtener la definición clara y rigurosa del Proceso de Mantenimiento presentada en Polo et al. (1999b) y que denominamos Mantema.

1 Inicial	El proceso software se caracteriza por ser realizado "como se pueda", de un modo caótico. Existen ninguno o pocos procesos definidos y la consecución del proyecto se consigue gracias al esfuerzo individual.
2 Repetible	En este nivel se introduce un proceso formal y documentado. Los procesos de gestión básicos se utilizan para controlar los costes, la planificación y la funcionalidad. Se denomina "repetible" porque pretende repetir los mismos pasos que en anteriores proyectos en los que se obtuvo éxito.
3 Definido	El proceso utilizado se encuentra bien definido y se aplica a los proyectos reales de desarrollo y mantenimiento de software. Existe una base para la mejora continua del proceso mediante la definición de las funciones necesarias para controlar el proceso.
4 Gestionado	Se recogen medidas detalladas de la calidad del proceso software y de sus productos, de manera que tales medidas son cuantitativamente comprendidas y controladas.
5 Optimizado	El proceso Gestionado se adapta de forma dinámica para alcanzar los objetivos del proyecto.

**Tabla 1. Niveles de madurez en CMM y Bootstrap.**

La definición de proceso realizada en Mantema constituye una deseable línea de base para la ejecución del Proceso de Mantenimiento. En este artículo presentamos el enfoque propuesto en Mantema para alcanzar los diferentes objetivos propuestos por el modelo de referencia de Bootstrap. Bootstrap, construido a partir de un proyecto ESPRIT de la Unión Europea, es el elegido por.....

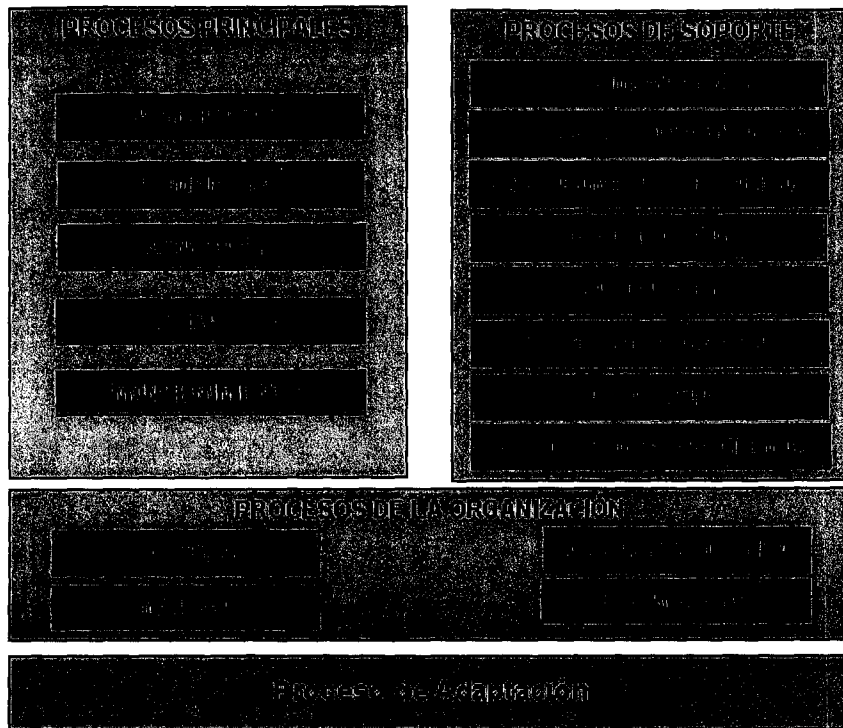


Figura 1. Procesos del ciclo de vida en ISO/IEC 12207.

Este artículo está organizado como sigue: en la sección 2 presentamos brevemente la estructura del modelo de referencia Bootstrap. En la sección 3 exponemos detallamos el modo en que Mantema cubre los aspectos enunciados por Bootstrap, dejando para la sección 4 la exposición de las conclusiones y . el trabajo futuro. **XXX**

**Cuidado!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!**

### El modelo Bootstrap.

Según el Instituto de Ingeniería del Software, "Bootstrap es un modelo para la evaluación y mejora de procesos de desarrollo software cuyo objetivo es detectar el desfase existente entre el estado actual de un proceso de desarrollo y el estado deseado para dicho proceso, proponiendo un plan de mejoras encaminado a reducir e incluso a anular dicho desfase".

Bootstrap toma los niveles de CMM como su modelo básico de madurez (véase Tabla 1). Con cada nivel se definen una serie de condiciones que deben ser cumplidas para poder avanzar hasta el siguiente nivel. Las diferentes condiciones pueden entenderse como la definición de la línea de base que debe seguirse para obtener un nivel de madurez determinado.

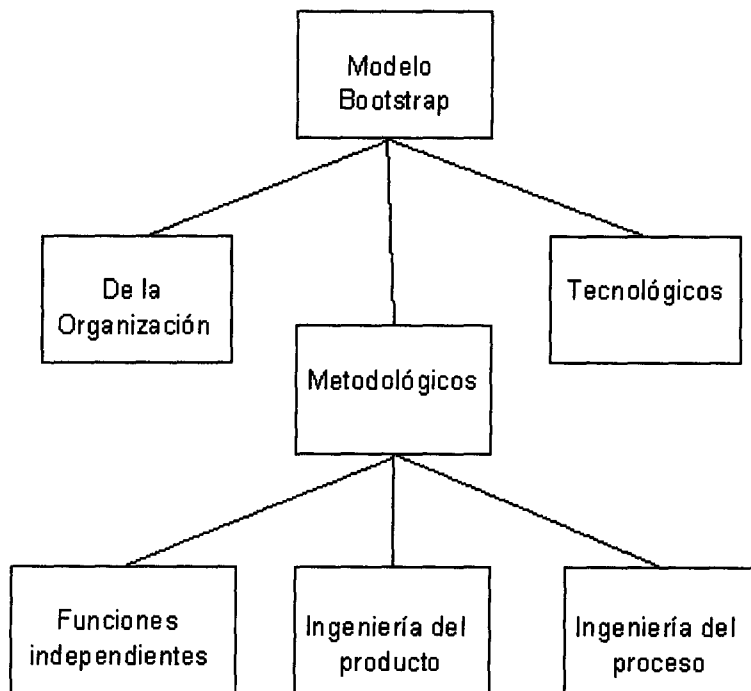
### Arquitectura de procesos en Bootstrap.

Bootstrap distingue tres tipos principales de procesos: de la Organización, Metodológicos y Tecnológicos, que enumeramos a continuación (Zahran, 1997):

- **Procesos de la Organización.** Cubren la organización del personal (identificando funciones, roles y responsabilidades) y la organización del trabajo (mediante la planificación, implementación y el control de las actividades del proceso), poniendo especial énfasis en la Gestión de recursos y la Gestión de calidad.

- **Procesos Metodológicos.** Este conjunto de procesos está dividido en tres áreas:
  - Funciones independientes de ingeniería de procesos, en donde se definen las actividades de control relativas a la descripción, medida y control del proceso.
  - Ingeniería del producto, en donde se incluyen los procesos de Análisis y especificación, Requisitos, Diseño de la Arquitectura, Diseño detallado y codificación, Pruebas e integración, Aceptación y Soporte a usuarios y mantenimiento.
  - Ingeniería del proceso, en donde se incluyen los procesos de Gestión, Aseguramiento de la calidad, Gestión de riesgos, Gestión de la configuración y Gestión del contrato y del suministro.
- **Procesos Tecnológicos.** En esta categoría se incluyen los procesos de Gestión de la tecnología, Tecnología del producto y Soporte a la ingeniería.

En la Figura 2 representamos gráficamente la taxonomía anterior. Esta figura nos servirá como apoyo a la hora de determinar qué aporta Mantema a cada uno de los diferentes elementos de la taxonomía.



**Figura 2. Taxonomía de procesos en Bootstrap.**

### **Aportaciones Utilización de Mantema a para la mejora del proceso de mantenimiento.la taxonomía de procesos de Bootstrap.**

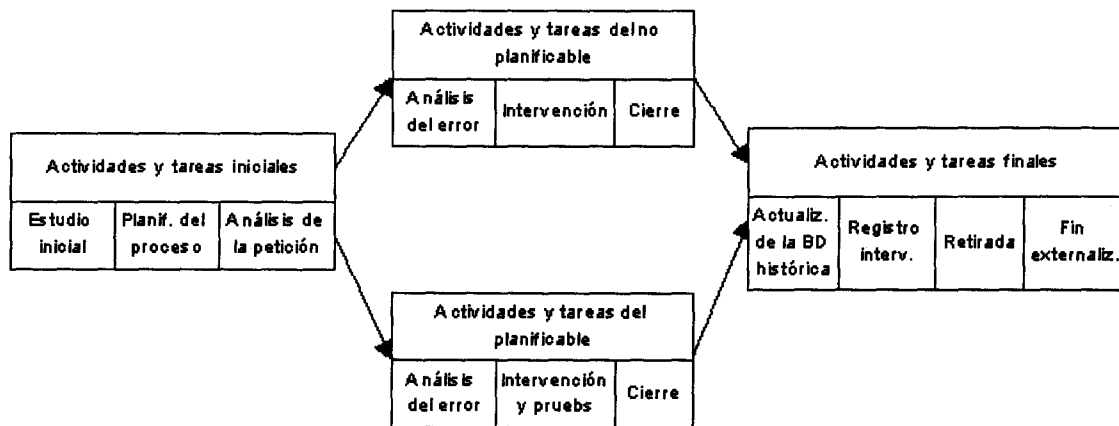
Yo no se si este titulo esta bien asi o a lo mejor debe recalcar qu es tu trabajo basado en Bootstrap. Asi el protagonismo te lo llevas tu, no Boostrap. Ademas no queda cohernnete el titulo del articulo con el de la seccion.

En esta sección analizamos las aportaciones que ofrece Mantema a cada uno de los grupos de procesos indicados en la Figura 2.

## Procesos metodológicos.

Para Raynus (1999), la definición estándar del proceso dentro de la organización es fundamental para conseguir altos niveles de madurez. La definición del proceso debe describir los elementos básicos del proceso, así como las relaciones entre estos elementos.

El Proceso de Mantenimiento descrito por Mantema puede entenderse como el grafo polietápico que mostramos en la Figura 3. Cada nodo de este grafo representa un conjunto de actividades, compuestas cada una de un conjunto de tareas. Cada tarea se detalla mediante su descripción y la especificación de las entradas que necesita para su ejecución, las salidas que produce, las métricas que deben recogerse, un conjunto de técnicas que pueden utilizarse para su ejecución y, en caso de ser necesario, las interfaces con otros procesos del ciclo de vida software.



**Figura 3. Estructura del Proceso de Mantenimiento definido en Mantema.**

Como se observa, existen dos nodos centrales en la etapa intermedia del grafo. Cada uno de estos nodos define dos tipos diferentes de mantenimiento: el mantenimiento planificable (que incluye los mantenimientos correctivo no urgente, perfectivo, preventivo y adaptativo) y el mantenimiento correctivo urgente (que, por mantener la terminología, también denominamos "no planificable"). Tal distinción de tipos de mantenimiento ha sido recomendada por varios autores (IEEE, 1992; Pressman, 1993), y con ella conseguimos ahondar aún más en la definición del proceso.

A modo de ejemplo, en la Tabla 2 mostramos la especificación completa de la tarea I1.3, incluido en la segunda actividad ("Planificación del proceso") del nodo etiquetado "Actividades y tareas iniciales".

<b>Tarea I1.3 Desarrollar planes</b>			
<b>Responsables: Equipo de mantenimiento</b>			
<b>Descripción</b>		<b>Métricas Descripción</b>	
El Equipo de mantenimiento desarrolla los planes de mantenimiento y construye el <i>Resumen Técnico</i> del aplicativo, una vez adquirido el conocimiento. Debe inventariarse el sistema de información que se va a mantener, debiendo recogerse como mínimo, para cada aplicación y base de datos, las métricas mencionadas.		Tiempo	Tiempo dedicado a la tarea
		PF	Número de puntos-función
		Nmód	Número de módulos
		NLC	Número de líneas de código
<b>Entradas</b>	<b>Salidas</b>	CC	Complejidad ciclomática media de cada módulo
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Producto software en operación</li> <li>2. Lista de elementos software</li> <li>3. Nueva documentación del aplicativo</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Resumen técnico</li> <li>2. Plan de mantenimiento del periodo</li> </ol>	AcopEst	Número de variables globales (visibles externamente) de cada módulo
		AcopDin	Número de rutinas públicas (visibles externamente) de cada módulo
		MétBD	Métricas de cada una de las bases de datos del sistema (Piattini et al., 1998)
<b>Técnicas</b>		<b>Interfaces con otros procesos</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planificación</li> <li>2. Planificación del mantenimiento no planificable (Polo et al., 2000)</li> </ol>		No procede.	

**Tabla 2. Ejemplo de la estructura general de una tarea.**

El propósito de Mantema es la definición completa del Proceso de Mantenimiento, para lo cual hicimos uso de la clasificación de procesos de ISO/IEC 12207, integrando en Mantema ciertos procesos del ciclo de vida y dejando, como procesos satélites al mantenimiento (pero con los que puede establecerse comunicación cuando sea necesario), otros procesos (como el de Formación, por ejemplo), que no se integran dentro del Proceso de Mantenimiento: éstos son los procesos con los que, como mencionamos al principio de esta sección y en la Tabla 2, se puede establecer una interfaz para utilizar sus características.

En Mantema, las tareas pueden entenderse como elementos "transaccionales", en el sentido de que es la unidad mínima de proceso que se puede ejecutar. Las relaciones entre las distintas tareas se establecen mediante productos de entrada y salida, de manera que la salida de una tarea será la entrada de una tarea que deba ejecutarse posteriormente (por ejemplo: una Petición de Modificación de mantenimiento correctivo urgente recibida y validada será la entrada de la tarea "Investigar y analizar causas", situada en lo nodo central superior de la Figura 3, la cual desencadenará la ejecución de las tareas necesarias para corregir el error detectado y servir, por tanto, la petición).

### **Procesos de la organización.**

Este punto se dedica a la identificación de funciones, roles, responsabilidad del personal y a la organización del trabajo. En Mantema se han identificado las tres organizaciones que intervienen en el Proceso de Mantenimiento del software (Polo et al., 1999c):

a) Cliente: es la organización propietaria del software y por tanto, la que recibe el servicio de mantenimiento.

b) Organización de mantenimiento: es la organización que realiza el servicio de mantenimiento.

c) Usuario: es la organización que utiliza el software objeto del mantenimiento.

Dependiendo de la situación, cada una de estas organizaciones puede ser una organización diferente, o coincidir varias organizaciones en una sola. Lo mismo puede ocurrir con los perfiles enumerados a continuación, que definimos para cada una de las organizaciones, de acuerdo a la conveniencia de así hacerlo manifestada en Mazza et al. (1994). Como se observa en la segunda fila de la Tabla 2, se detalla con cada tarea el perfil responsable de su ejecución.

- **Perfiles de cliente.**

- *Solicitante*: es quien presenta las solicitudes de modificación. Establece los requerimientos necesarios para su implementación y los entrega a la organización de mantenimiento.

- *Organización del Sistema*: es el departamento que conoce el sistema que será mantenido.

- *Atención a Usuarios*: es el departamento que presta asistencia a los usuarios.

- **Perfiles de la organización de mantenimiento.**

- *Gestor de peticiones*: acepta o rechaza las peticiones modificación y decide el tipo de mantenimiento que debe aplicarse.

- *Planificador*: planifica la cola de peticiones de modificación aceptadas.

- *Equipo de Mantenimiento*: es el grupo de personas que implementa la solicitud de modificación.

- *Responsable de Mantenimiento*: prepara la etapa de mantenimiento, y establece las normas y procedimientos necesarios para llevar a cabo la metodología de mantenimiento usada.

- **Perfiles de usuario.**

- *Usuario*: utiliza el software mantenido. Comunica las incidencias a Atención a Usuarios.

## **Procesos tecnológicos.**

Este conjunto de procesos se refiere a la Gestión de la tecnología, Tecnología del producto y Soporte a la ingeniería. Éste es uno de los aspectos claves del nivel 5 de la escala de madurez de CMM y Bootstrap (Zahran, 1997). Su propósito es identificar las nuevas tecnologías (incluyendo herramientas, métodos y procesos) que son susceptibles de ser utilizadas en la organización, de manera que pueda incrementarse la calidad del proceso y el producto, acortar tiempos y costes, etc. Pensamos que la adopción de Mantema como una metodología a seguir por las organizaciones de software para sus proyectos de mantenimiento constituye realmente un decisivo paso adelante en este sentido.

## **Medidas del producto y del proceso.**

Como se mostró en la Tabla 2, con cada tarea de Mantema se enumera la colección de métricas de producto que debe recogerse. Las intervenciones de mantenimiento producen, evidentemente, cambios en los productos software que influyen en sus propiedades y, por tanto, en los valores obtenidos de la aplicación de las métricas. Es deseable que las intervenciones de mantenimiento consigan un incremento progresivo de la calidad del software, para lo que en Mantema se propone la utilización de una serie de "Indicadores de servicio", pactados por la Organización Cliente y la Organización de Mantenimiento (véase sección 3.2), entre los que se incluyen algunos destinados a medir el efecto de las intervenciones sobre el software. De este modo, ambas organizaciones pueden pactar ciertos valores de complejidad, modularidad, etc., que deben cumplir los productos software objeto del posible contrato al finalizar el periodo de mantenimiento.

Mantema define también un conjunto de métricas de proceso que ayudan a conocer la calidad y productividad del servicio suministrado por la Organización de Mantenimiento:

- Respeto a la planificación del periodo, que es el porcentaje de tiempo dedicado a ejecutar intervenciones, con respecto al tiempo planificado, para un periodo determinado.
- Umbral de flexibilidad sin replanificar
- Número de horas replanificadas en cada periodo, que debiera ser decreciente
- Tiempo medio de respuesta a las peticiones, que debiera ser decreciente.
- Porcentaje de anomalías de cada tipo (urgentes y no urgentes). Nótese que una solicitud de mantenimiento perfectivo, preventivo o adaptativo no se considera una anomalía.
- Evolución de la complejidad y de otras métricas de producto, siendo deseable que la complejidad de los programas y bases de datos decrezca a medida que se interviene sobre los productos.
- Número de puntos-función (u otras métricas de producto) replanificados en un periodo.
- Número de puntos-función (u otras métricas de producto) servidos por cada tipo de mantenimiento.
- Tiempo de dedicación del personal de mantenimiento.

## **Conclusiones y trabajo futuro.**

En este trabajo hemos presentado las aportaciones de Mantema a las organizaciones de software que desean mejorar su Proceso de Mantenimiento.

Como hemos mencionado en la sección 3.1, en Mantema se han integrado o considerado como interfaces diferentes procesos de los definidos en ISO/IEC 12207. Sin embargo, al realizar la integración de procesos y la identificación de aquéllos con los que se establece interfaz, quedaron fuera los procesos de Mejora y Auditoría recogidos en ISO/IEC 12207. Este trabajo muestra los primeros resultados obtenidos al tratar de integrar el Proceso de



Mejora en el de Mantenimiento.

Pensamos que es interesante continuar investigando en estos aspectos, incluyendo también el Proceso de Auditoría.

## Referencias.

IEEE (1992). *IEEE, std 1219: Standard for Software Maintenance*. IEEE Computer Society Press. Estados Unidos, 1992.

ISO/IEC (1995). International Standard Organization(International Electrotechnical Commission. *ISO/IEC 12207: Information Technology-Software Life Cycle Processes*. Suiza.

Mazza, C., Fairclough, J., Melton, B., de Pablo, D., Scheffer, A. and Stevens,R. (1994). *Software Engineering Standards*Prentice-Hall.

Paulk, M.C. et al. (1995). *The Capability Maturity Model: Guidelines for Improving the Software Process*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.

Piattini, M., Polo, M., Calero, C. y Ruiz, F. (1998). *Measures for control database quality*. Actas del Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Computacionales. Aguascalientes, México.

Polo, M., Piattini, M., Ruiz, F. y Calero, C. (1999a). *Using the ISO/IEC 12207 Tailoring Process for Defining a Maintenance Methodology*. Proceedings of the 1st IEEE Conference on Standardisation and Innovation in Information Technology, Aachen (Aquisgrán, Alemania).

Polo, M., Piattini, M., Ruiz, F y Calero, C. (1999b). *MANTEMA: a Complete Rigorous Methodology for Supporting Maintenance based on The ISO/IEC 12207 Standard*. Proceedings of the Third European Conference on Software Maintenance and Reengineering, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos CA.

Polo, M., Piattini, M., Ruiz, F. y Calero, C. (1999c). Roles in the Maintenance Process. *ACM Software Engineering Notes*, 24(4), 84-86.

Polo, M., Piattini, M. y Ruiz, F. (2000). *Planning the non-planneable maintenance*. Proceedings of the European Software Control and Metrics. Munich, Alemania.

Pressman, Roger S. (1993). *Ingeniería del Software, un enfoque práctico (3ª edición)*. Editorial McGraw-Hill.

Raynus, J. (1999). *Software Process Improvement with CMM*. Londres: Artech House.

Zahran, S. (1997). *Software Process Improvement: Practical Guides for Business Success*. Addison-Wesley.

## Notas

<sup>1</sup> Este trabajo forma parte de los proyectos *MANTIS* (Unión Europea, CICYT 1FD-1997-1608TIC) y *MPM: Mejora del Proceso de Mantenimiento*, financiado por el Ministerio de Industria y Energía (iniciativa ATYCA, TA15/1999) y la empresa Atos ODS.