

INGENIERÍA DE SOFTWARE I

Tema 1: Introducción a la Ingeniería del Software

Grado en Ingeniería Informática
Fecha de última modificación: 8-2-2025

Dr. Francisco José García-Peñalvo / fgarcia@usal.es
Dra. Alicia García-Holgado / aliciagh@usal.es
Dra. Andrea Vázquez-Ingelmo / andreavazquez@usal.es



Departamento de Informática y Automática
Universidad de Salamanca



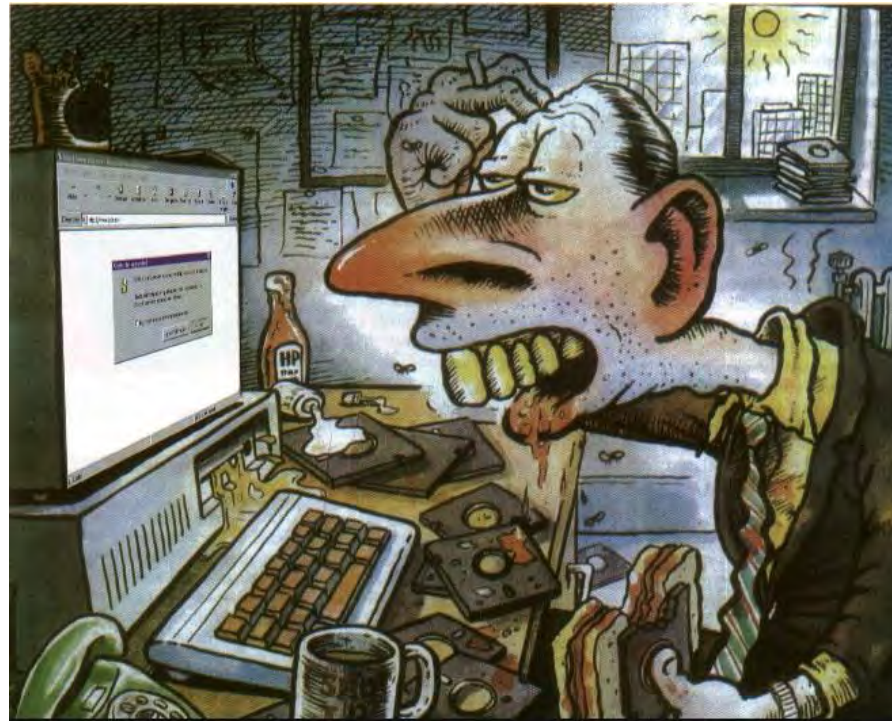
Resumen

Resumen	Se presentan los conceptos clásicos relacionados con el <i>software</i> y la Ingeniería del <i>Software</i> . El objetivo de este tema es tomar conciencia de la importancia de abordar la construcción del <i>software</i> desde una perspectiva de ingeniería. Se exponen los elementos constituyentes de un paradigma de desarrollo del <i>software</i> . Se ofrece una visión general del concepto de proceso y modelo de proceso <i>software</i> . Se introduce el concepto de metodología de desarrollo como contraposición al desarrollo anárquico y artesanal de aplicaciones, tan relacionado con la tan nombrada crisis del <i>software</i> . Y se termina el tema hablando de herramientas CASE
Descriptor	Ingeniería del Software; <i>Software</i> ; Aplicaciones del <i>software</i> ; Crisis del <i>software</i> ; Proceso <i>software</i> ; Modelo de proceso; Ciclo de vida; Metodología; Método; Herramienta CASE
Bibliografía	[Larman, 2003] Capítulo 2 [Piattini et al., 2004] Capítulos 3 y 4 [Pfleeger, 2002] Capítulos 1 y 2 [Pressman, 2010] Capítulos 1, 2 y 3 [Sommerville, 2011] Capítulos 1 y 2

Esquema

- *Software*
- Conceptos básicos de la Ingeniería del *Software*
- Proceso *software*
- Metodologías
- CASE
- Aportaciones principales del tema
- Ejercicios
- Lecturas complementarias
- Referencias

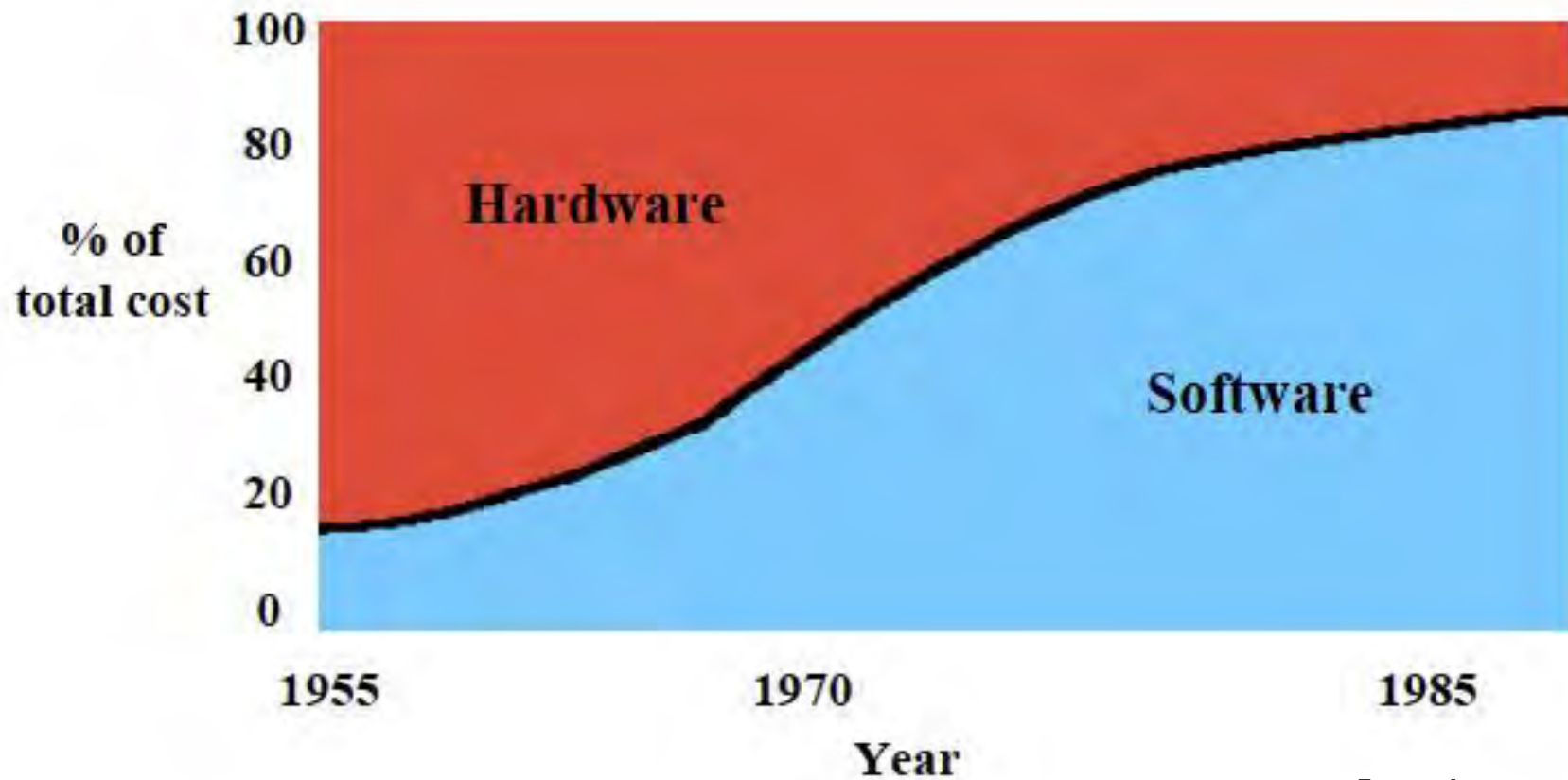
1. Software





Economía del software (i)

- Evolución de los costes del *software*



[Boehm, 2006]



Economía del software (ii)

- El *software* es un producto de consumo con un gran peso en la economía
 - El desarrollo del *software* de las empresas USA
 - 2 trillones de dólares en desarrollo
 - 30.000 millones de dólares anuales en mantenimiento
 - Gasto en proyectos *software* en el año 1995 en USA
 - 175.000 proyectos / 250.000 millones de dólares
 - 59.000 millones de dólares de desviación de los costes estimados
 - 81.000 millones de dólares en proyectos *software* cancelados
 - Contribución del *software* a la economía USA en 1996 [Minasi, 2000]
 - Gran superávit en las exportaciones
 - Se exportó *software* por un valor de 24.000 millones de dólares, se importó *software* por valor de 4.000 millones de dólares, se obtuvo una balanza positiva de 20.000 millones de dólares
 - Comparativa
 - Agricultura: Exportaciones 26.000 millones; Importaciones 14.000 millones; Balance: 12.000 millones
 - Industria Aeroespacial: Exportaciones 11.000 millones; Importaciones 3.000 millones; Balance: 8.000 millones
 - Química: Exportaciones 26.000 millones; Importaciones 19.000 millones; Balance: 7.000 millones
 - Vehículos: Exportaciones 21.000 millones; Importaciones 43.000 millones; Balance: -22.000 millones
 - Bienes manufacturados: Exportaciones 200.000 millones; Importaciones 265.000 millones; Balance: -65.000 millones
 - Industria del *software* en USA en el año 2000
 - Ventas: 180 billones de dólares
 - Trabajadores: 697.000 ingenieros de *software* – 585.000 programadores
 - El gobierno USA estima que las empresas han gastado cerca de 3,3 trillones de dólares en tecnologías de la información en la última década

Realidades del software (i)

- El 55% de los sistemas cuestan más de lo esperado, el 68% superan la fecha de entrega y el 88% tuvieron que ser sustancialmente rediseñados
Informe de IBM (1994)
- La media era 100 dólares por línea de código, se esperaba pagar 500 dólares por línea, y se terminó pagando entre 700 y 900 dólares por línea, 6.000 millones de dólares de trabajo fueron descartados
Advanced Automation System (FAAm 1982-1994)
- Cada 6 nuevos sistemas puestos en funcionamiento, 2 son cancelados, la probabilidad de cancelación está alrededor del 50% para sistemas grandes, la media de proyectos que sobrepasa el calendario es del 50%, 3 de cada 4 sistemas son considerados como fallos de operación
Bureau of Labor Statistics (1997)

Realidades del software (ii)

- El 74% de todos los proyectos de tecnologías de la información fallan porque se pasan de presupuesto, porque no cumplen el plazo de entrega... y el 28% de los proyectos fallan completamente
The Standish Group (1998)
- Cada año se gastan 75 billones de dólares en proyectos de tecnologías de la información fallidos en USA
The Standish Group (1998)
- El 52,7% de los proyectos relacionados con las tecnologías de la información cuestan el 189% de su coste inicial estimado
The Standish Group, as reported by Solutions Integrator (Junio de 1999)
- En grandes compañías (donde la media de coste de un proyecto de desarrollo es de 2.322.000 dólares), sólo el 9% de los proyectos estuvieron en la fecha prevista y dentro del presupuesto
The Standish Group, as reported by Solutions Integrator (Junio de 1999)

Realidades del software (iii)

- El 31,1% de los proyectos se cancelan antes de completarse
The Standish Group, as reported by Solutions Integrator (Junio de 1999)
- Cerca de la mitad de los proyectos de desarrollo cuestan un 70% más de lo que inicialmente fue presupuestado. Los gestores citan a la falta de información de los usuarios como principal razón para el fallo de un proyecto
The Standish Group, as reported by InternetWeek (Septiembre de 1999)

Historias preocupantes y catastróficas (i)

“The most likely way for the world to be destroyed, most experts agree, is by accident. That’s where we come in. We’re computer professionals. We cause accidents”

Nathaniel Borenstein, inventor of MIME, in: *Programming as if People Mattered: Friendly Programs, Software Engineering and Other Noble Delusions*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1991

■ Un caso ¿divertido?

- El computador de un hospital comete un error fatal: “De acuerdo con esto, yo estoy muerto”

- <... El problema sucedió durante una actualización rutinaria de los ficheros del ordenador del [hospital] Saint Mary’s en octubre, Jennifer Cammenga, la portavoz del Saint Mary’s, declaró al Grand Rapid Press...>. <... “Un dígito fue omitido en el código, indicando que los pacientes habían fallecido, en lugar de indicar que habían sido dados de alta”...>

(Noticia de prensa del 8 de enero de 2003)



Historias preocupantes y catastróficas (ii)

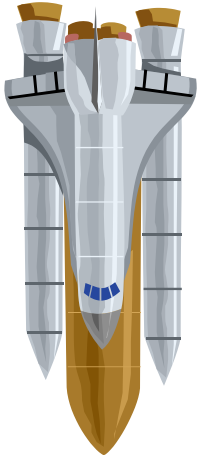
- Otros casos no tan divertidos (i)
 - Varias muertes de pacientes de cáncer acaecidas entre 1985-1987 se debieron a una sobredosis de radiación debida a un problema en las tareas concurrentes en el *software* de la máquina de radioterapia Therac-25 (<https://bit.ly/2Jy10fK>) [Leveson y Turner, 1993], [Leveson, 1995]
 - En mayo de 2001 la Agencia Internacional para la Energía Atómica declaró una emergencia radiológica en Panamá. 28 pacientes sufrieron una sobre exposición, 8 murieron, y $\frac{3}{4}$ partes de los supervivientes pueden sufrir serias complicaciones que en algunos casos pueden llegar a ser mortales. Se concluyó que uno de los factores que provocaron el accidente se debió a un error en el *software* que controlaba ciertas entradas de datos (<https://bit.ly/3o28Xss>)
 - Servicio de Ambulancias de Londres (1992). Fallo en las pruebas de instalación del sistema y su compatibilidad con los ya existentes provocaron pérdida de llamadas y salidas múltiples debidas a llamadas duplicadas (<https://bit.ly/34PZDAi>) [Finkelstein y Dowell, 1996]



Historias preocupantes y catastróficas (iii)

■ Otros casos no tan divertidos (ii)

- El fallo en el lanzamiento del satélite Ariane 5 en 1996 fue causada por una rutina de excepción defectuosa en el código Ada, que se invocaba como resultado de una conversión errónea de un número en coma flotante de 64 bits a un entero de 16 bits (<https://bit.ly/38EjFim>). Coste 500 millones de dólares
- Dos oficiales de policía en una región escocesa utilizaban una pistola de radar para identificar a motociclistas que infringían los límites de velocidad. Repentinamente la pistola de radar quedó bloqueada apuntando al cielo e indicando una velocidad de 300 millas por hora. Segundos más tarde, un caza Harrier, volando a baja altura, pasó por allí. El buscador de blancos del avión había detectado el radar y lo había tomado por un enemigo. Por fortuna, el Harrier volaba desarmado, ya que el comportamiento normal hubiera sido el disparo de un misil de contraataque automático (<https://bit.ly/3pwPb8W>) [Pfleeger, 2002]



Historias preocupantes y catastróficas (iv)

- Otros casos no tan divertidos (iii)

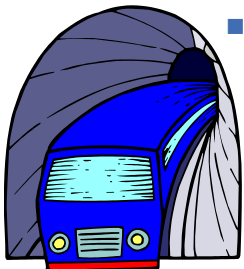
- El 15 de enero de 1990 la red de comunicaciones de larga distancia de AT&T estuvo fuera de servicio durante nueve horas a consecuencia de un fallo de *software*. Millones de llamadas quedaron bloqueadas. Algunos negocios que dependían en gran medida de los servicios telefónicos, como agencias de viajes, quedaron prácticamente colapsados, con la consiguiente pérdida económica



- En febrero de 2003 un fallo en la red de Vodafone deja sin servicio a sus 8,6 millones de usuarios. La avería se produjo en el transcurso de las tareas de mantenimiento del *software* de la red llevadas a cabo por la operadora, impidiendo las comunicaciones con sus líneas en toda España desde las siete de la mañana



- Un fallo humano, no negligente, motivado por la complejidad del sistema ergonómico de la pantalla del ordenador del centro de control de operaciones del Metro causó, el día 31 de octubre de 2004, el choque de dos trenes del Metro de Barcelona resultando heridas 50 personas



Historias preocupantes y catastróficas (v)

- Otros casos no tan divertidos (iv)
 - La Mars Polar Lander se estrelló en su aterrizaje en Marte en diciembre de 1999 por un fallo de *software*. Los motores de descenso se apagaron prematuramente porque un fallo en los sensores indicaban que había tomado tierra cuando estaba a unos 40 metros [McQuaid, 2010]. Coste: 125 millones de dólares
 - El robot Spirit en Marte tuvo que ser reseteado y actualizado desde la tierra por fallos en su memoria *flash* (enero de 2004) <https://bit.ly/37Uljx1>
 - El gigante de servicios EDS desarrolló en 2004 un sistema informático para la agencia británica *Child Support Agency* que accidentalmente pagó más de lo debido a 1.900.000 personas, pagó de menos a otras 700.000, tenía 3.500 millones de libras de manutención de niños sin cobrar, un atraso de 239.000 casos, 36.000 nuevos casos bloqueados en el sistema. Coste: + de 539 millones de libras (<https://bit.ly/38N97NS>)



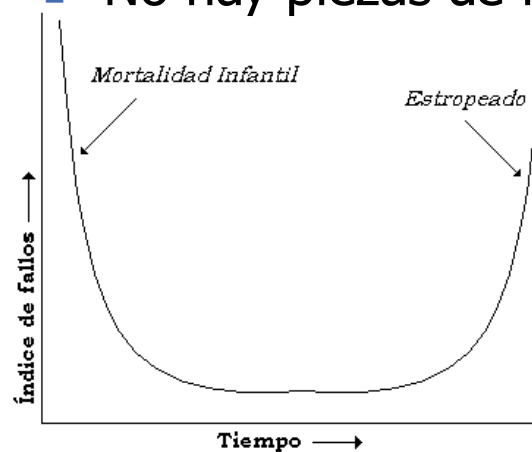
Definición

- Programas, procedimientos, reglas y la posible documentación asociada y datos que pertenezcan a la explotación de un sistema de ordenador [AECC, 1986]
- Una colección organizada de programas de ordenador, procedimientos, documentación asociada y datos referidos a un ordenador que realiza una función específica o un conjunto de funciones [IEEE, 1999a]¹, [NIST, 1994], [DOD, 1995]
- Conjunto de programas, procedimientos y documentación asociada a la operación de un sistema informático [Piattini et al., 2004]

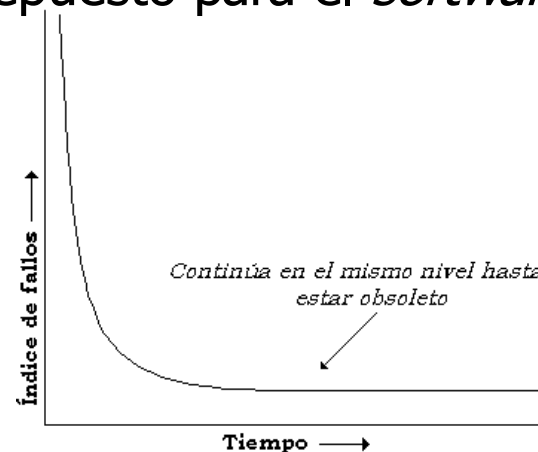
¹IEEE Std 610.12-1990 *Standard Glossary of Software Engineering Terminology*

Características del producto software

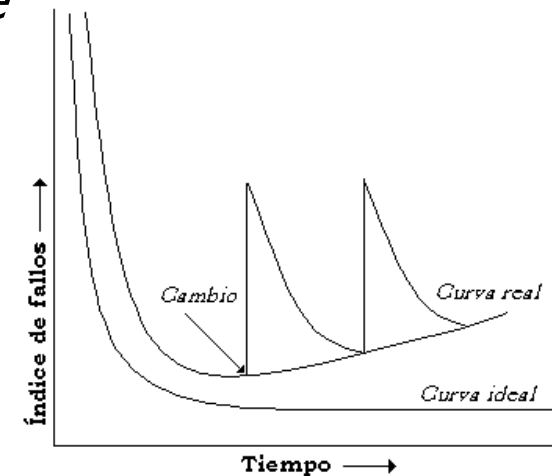
- El *software* se desarrolla, no se fabrica en el sentido clásico
 - Los costes del *software* se encuentran en la ingeniería
- El *software* no se estropea, se deteriora
 - Cambios en las fases de mantenimiento
 - No hay piezas de repuesto para el *software*



Curva de fallos del *hardware*



Curva de fallos del *software*



Curva real de fallos del *software*

- A pesar de las últimas tendencias, el *software* se sigue construyendo a medida

[Pressman, 2010]

La crisis del software (i)

iiii La crisis del *software* !!!!



- **Problemas del *software***
 - Calidad cuestionable
 - Mal funcionamiento
 - Insatisfacción de los clientes
 - **Cómo desarrollar *software***
 - Imprecisión en la planificación y la estimación
 - Baja productividad
 - **Cómo mantener el volumen creciente de *software* existente**
 - **Cómo afrontar la incesante demanda de *software***
 - **Barrera del mantenimiento**

La crisis del software (ii)

- Dificultad inherente
- Gran complejidad
 - Número de estados posibles es muy elevado
 - Conexiones entre entidades
 - Complejidad arbitraria que surge de instituciones humanas
- Sujeto a continuos cambios
- Especificación de requisitos
- Comunicación del equipo

“La construcción de *software* siempre será una tarea difícil. No hay bala de plata”

Frederick P. Brooks, Jr. (1987)

Algunas causas a los problemas del software

- Responsables no cualificados
- Falta de comunicación entre las partes
- Desconocimiento de las nuevas tendencias
- Resistencia al cambio
- Falta de reconocimiento de la figura del informático
- Una amplia mitología y falta de "cultura informática" de la sociedad
 - Mitos de gestión
 - Resistencia al cambio en la gestión de proyectos
 - Concepto de la horda mongoliana
 - ...
 - Mitos del cliente
 - Ideas genéricas al principio, detalles al final
 - Requisitos en continua evolución
 - ...
 - Mitos del desarrollador
 - El trabajo acaba cuando se ha escrito el programa y funciona
 - Solo se entrega un programa funcionando
 - Lo que uno crea sólo debe entenderlo él
 - ...



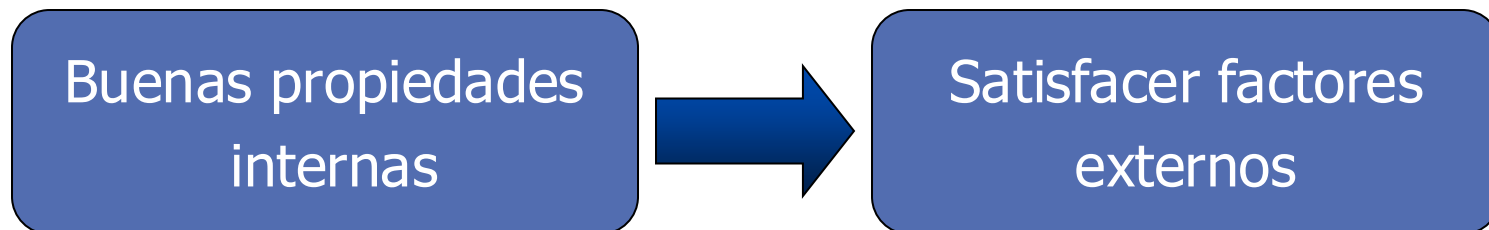
Calidad del software (i)

- Los ingenieros del *software* deben encontrar los métodos para asegurar que sus productos sean de utilidad y tengan una calidad aceptable
 - Así, la Ingeniería del *Software* siempre debe incluir una estrategia para producir **software de calidad**
 - La calidad se percibe desde diferentes puntos de vista [Garvin, 1984]
 - Vista trascendental o ideal
 - Vista del usuario
 - Vista de la construcción o de proceso
 - Vista del producto
 - Vista basada en el valor
- | | |
|--|----------------------|
| | Vista externa |
| | Vista interna |

Calidad del software (ii)

- Factores externos
 - Pueden ser detectados por los usuarios
 - Es de suma importancia
- Factores internos
 - Solo los perciben los ingenieros del *software*
 - Es el medio de conseguir la calidad externa

OBJETIVO



Atributos de un buen producto software (i)

- Factores externos
 - Facilidad de mantenimiento
 - Ha de poder evolucionar para adaptarse a las necesidades de cambio de los clientes
 - Confiabilidad
 - No debe causar daños físicos o económicos en el caso de fallo del sistema
 - Fiabilidad, seguridad y protección
 - Eficacia
 - Hacer efectivo el propósito del *software*
 - Usabilidad
 - Fácil de utilizar
 - Debe tener una interfaz de usuario apropiada y una documentación adecuada
 - Reusabilidad
 - Capacidad de que un *software* pueda utilizarse en un contexto diferente al de su creación
 - Portabilidad
 - Facilidad de transferir productos *software* a diferentes plataformas
 - ...

Atributos de un buen producto software (ii)

- Factores internos
 - Facilidad de traza
 - Modularidad
 - Tolerancia a fallos
 - Eficiencia de ejecución
 - Eficiencia de almacenamiento
 - Autodescripción
 - Legibilidad
 - Facilidad de expansión
 - Independencia del sistema
 - Independencia del *hardware*
 - Estandarización de datos
 - Estandarización de comunicaciones
 - ...

Tipos de productos software (i)

- Un producto *software* es un sistema *software* que se acompaña de la documentación necesaria para su instalación y uso
- Tipos de mercados
 - Productos genéricos
 - Sistemas autónomos producidos por una organización para su venta en el mercado abierto a cualquier cliente que pueda adquirirlo
 - El desarrollador controla la especificación
 - Productos personalizados
 - Sistemas encargados por un cliente particular
 - Desarrollos a medida
 - Las especificaciones las determina el cliente

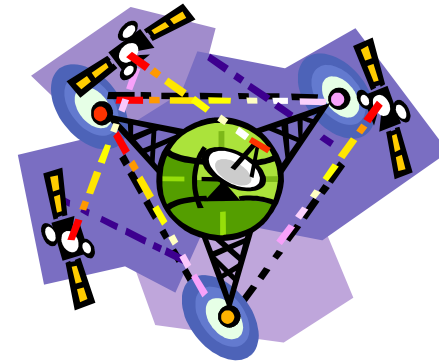
Tipos de productos software (ii)

■ Áreas de aplicación [Pressman, 2010] (i)

■ *Software* de sistemas

■ *Software* para dar servicio a otros programas: compiladores, editores...

- Fuerte interacción con el *hardware*
- Operación concurrente
- Recursos compartidos
- Gestión de procesos complicada
- Estructuras de datos complejas



■ *Software* de tiempo real

■ Coordina/analiza/controla sucesos en el mundo real en el momento en el que suceden: control de vuelo, plantas químicas, telefonía...

- Tiempo de respuesta crítico: magnitud de milisegundos
- Interaccionan directamente con dispositivos físicos y sensores
- Requisitos de rendimiento críticos
- Programación de bajo nivel
- Concurrencia



Tipos de productos software (iii)

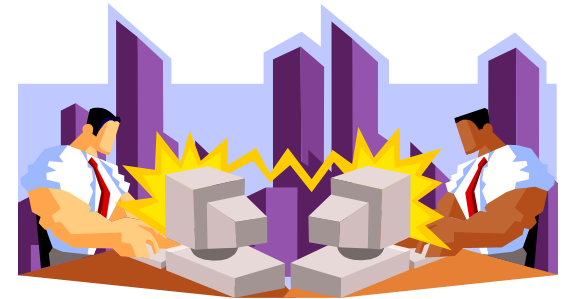
- Áreas de aplicación [Pressman, 2010] (ii)
 - *Software* de ingeniería y científico
 - Algoritmos de tratamiento numérico: simulación, estadística, CAD...
 - Diseño de algoritmos y estructuras de datos
 - Cálculo intensivo
 - Paralelización
 - *Software* empotrado
 - Reside en memoria de sólo lectura y se utiliza para controlar productos y sistemas de los mercados industriales y de consumo
 - Características similares al de tiempo real
 - *Software* de Inteligencia Artificial
 - Algoritmos no numéricos para resolver problemas complejos: sistemas expertos, reconocimiento de patrones, demostradores de teoremas...

Tipos de productos software (iv)

■ Áreas de aplicación [Pressman, 2010] (iii)

■ *Software* de gestión

- Proceso de información comercial: nóminas, clientes, inventarios...
 - Gran volumen de datos
 - Complejidad de la información
 - Integración
- Sistemas transaccionales (TPS)
 - Soportan las operaciones diarias de un negocio: pedidos, compras...
 - Los requisitos, los datos y el procesamiento se conoce y está bien estructurado
- Análisis de datos
 - Aplicaciones de consulta (*query*)
 - El usuario especifica qué desea no cómo obtenerlo
 - Lenguajes declarativos
 - *Datawarehouse*
 - Almacenamiento de versiones históricas de entradas a la base de datos, registros de transacciones y datos históricos
- Soporte a la toma de decisiones (DSS – *Decision Support System*)
 - Herramienta de usuario final
 - Resolución de problemas no estructurados
 - Análisis “*what-if*”, estadístico, tendencias...



Tipos de productos software (v)

- Áreas de aplicación [Pressman, 2010] (iv)
 - *Software* de computadoras personales
 - Herramientas de escritorio, *software* para ocio...
 - Aplicaciones web
 - *Software* accedido a través de un navegador Web
 - Los sistemas Web tienen una naturaleza y unos requisitos que difieren del *software* tradicional
 - Los sistemas Web
 - Están orientados a documentos que contienen páginas Web estáticas o dinámicas
 - Se centran en el *look & feel* y enfatizan la creatividad visual y la presentación en la interfaz
 - Son conducidos por el contenido, incluyendo el desarrollo del contenido
 - Necesitan ofrecer servicios a usuarios con diversidad de características y capacidades
 - Ejemplifican los vínculos entre el arte y la ciencia que generalmente aparecen en el desarrollo del *software*
 - Requieren acortar el tiempo de desarrollo, dificultando aplicar el mismo nivel de formalidad en la planificación y prueba que se aplica en el *software* tradicional
 - Presentan un formato de distribución y explotación diferente al *software* tradicional
 - Los desarrolladores de los sistemas web
 - Difieren en gran medida en su formación, características, conocimiento y comprensión del sistema
 - Diferencias en su percepción de la Web y de la calidad del sistema web



Tipos de productos software (vi)

■ Categorías de las aplicaciones Web

Categoría	Ejemplos
<i>De información</i>	Periódicos en línea, catálogos de productos, libros electrónicos en línea...
<i>Interactivas</i>	Formularios de registro, presentación de información personalizada, juegos en línea...
<i>Transaccionales</i>	Compra electrónica, banca electrónica...
<i>Workflow</i>	Sistemas de planificación en línea, gestión de inventario, monitorización de estado...
<i>Entornos de trabajo cooperativo</i>	Sistemas de autor distribuido, herramientas de diseño colaborativas...
<i>Comunidades en línea, marketplaces</i>	Grupos de <i>chat</i> , sitios que recomiendan productos o servicios, <i>marketplaces</i> en línea, subastas en línea...
<i>Portales Web</i>	Centros comerciales, intermediarios en línea...

[Ginige y Murugesan, 2001]

Tipos de productos software (vii)

- Sistemas de *software* intensivo [Moreno-Navarro, 2005]
 - Combinan tecnologías emergentes de sistemas empotrados (automoción, aviónica, ropas...) pero a la vez están inmersos en sistemas globales de cómputo (Internet, *grids*, sistemas orientados a servicios...)
 - Estos sistemas son sistemas programables que
 - Son dinámicos y evolucionan
 - Su comportamiento es adaptativo y anticipatorio
 - Procesan conocimiento y no sólo datos

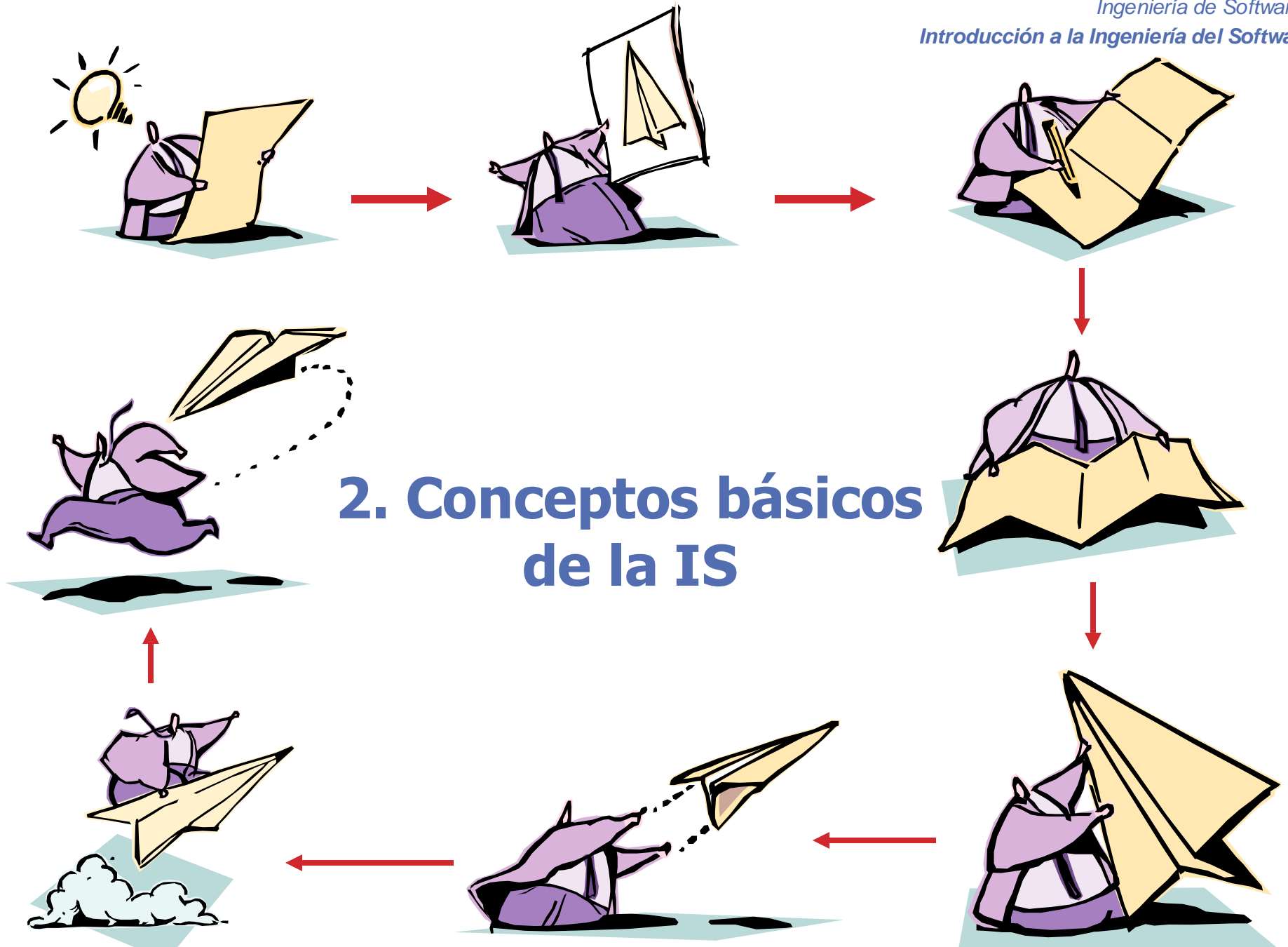
"Computing is becoming a utility and software service [...] applications will no longer be a big chunk of software that runs on a computer but a combination of web services; and the platform for which developers write their programs will no longer be the operative system, but application servers" (The Economist, June 2003)

Producto software. Conclusiones

- Los sistemas *software* son productos complejos
 - Gran funcionalidad
 - Objetivos diferentes y en ocasiones conflictivos
 - En su concepción, desarrollo y mantenimiento interviene un gran número de personas con diferentes perfiles
 - Elevado tamaño
 - Windows 98 – 18 millones de líneas de código
 - Windows 2000 (2001) – 35 millones de líneas de código
 - Windows XP (2002) – 40 millones de líneas de código
 - Windows 10 (2015) – 80 millones de líneas de código
 - Linux (Debian) – 55 millones de líneas de código – 14.000 personas/año – 1900 millones de dólares
 - Rotor (2002) – 3,6 millones de líneas de código
 - El software del Telescopio Espacial Hubble – 2 millones de líneas de código
 - Un dron militar del ejército de EEUU – 3.5 millones de líneas de código
 - Un avión Boeing 787 – 6.5 millones de línea de código
 - Todos los sistemas que componen el Gran Colisionador de Hadrones (*Large Hadron Collider*, LHC) – 50 millones de líneas de código
 - Sujeto a cambios continuos
 - Requisitos, tecnología...



Conclusión final: *La producción de software ha de estar regida por los principios de la **INGENIERÍA***



Introducción

- Objetivos de la Ingeniería del *Software*
 - Desarrollo de *software* de Calidad
 - Aumento de la productividad
 - Disminución del tiempo
 - Desarrollo de *software* económico
- Diferentes puntos de vista sobre el mismo tema
 - Diseño, construcción y mantenimiento de grandes sistemas *software*
 - Construcción multipersona de *software* multiversión
 - Conjunto de técnicas que se enfrentan al *software* como un producto de ingeniería que requiere: planificación, análisis, diseño, implementación, pruebas y mantenimiento
 - Aplicación disciplinada de los principios y métodos de la ingeniería, la ciencia y las matemáticas para la producción económica del *software* de calidad
 - Conjunto de teorías, métodos y herramientas para el desarrollo profesional del *software*

Definiciones (i)

- Ingeniería del *software* es el establecimiento y uso de principios sólidos de ingeniería, orientados a obtener *software* económico que sea fiable y trabaje de manera eficiente en máquinas reales [Bauer, 1972]
- Tratamiento sistemático de todas las fases del ciclo de vida del *software*. Se refiere a la aplicación de metodologías para el desarrollo del sistema *software* [AECC, 1986]
- La construcción de *software* multiversión por un equipo de varias personas [Parnas, 2011]
- La aplicación disciplinada de principios, métodos y herramientas de ingeniería, ciencia y matemáticas para la producción económica de *software* de calidad [Humphrey, 1989]
- Disciplina tecnológica y de gestión concerniente a la invención, producción sistemática y mantenimiento de productos *software* de alta calidad, desarrollados a tiempo y al mínimo coste [Frakes et al., 1991]

Definiciones (ii)

- Aplicación de herramientas, métodos y disciplinas para producir y mantener una solución automatizada de un problema real [Blum, 1992]
- La aplicación de principios científicos para la transformación ordenada de un problema en una solución *software* funcional, así como en el consiguiente mantenimiento del *software* hasta el final de su vida útil [Davis, 1993]
- La aplicación de métodos y conocimiento científico para crear soluciones prácticas y rentables para el diseño, construcción, operación y mantenimiento del *software* y los productos asociados, al servicio de las personas [Shaw y Garlan, 1996]
- (1) La aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable para el desarrollo, la operación y el mantenimiento del *software*; es decir, la aplicación de la Ingeniería al *software*. (2) El estudio de las aproximaciones en (1) [IEEE Std 610.12-1990](#) [IEEE, 1999a]

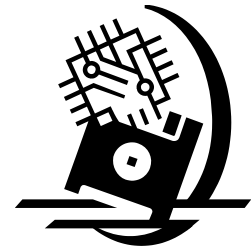
Definiciones (iii)

- El IEEE Std 610.12-1990 ha sido reemplazado por el *24765-2010 - ISO/IEC/IEEE International Standard - Systems and software engineering – Vocabulary*, donde se define la Ingeniería del Software como
 1. La aplicación sistemática del conocimiento científico y técnico, métodos y experiencia para el diseño, implementación, prueba y documentación del *software*
 2. La aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable para el desarrollo, la operación y el mantenimiento del *software*; es decir, la aplicación de la Ingeniería al *software* [ISO/IEC/IEEE, 2010]



Método de Ingeniería

- Formulación del problema
- Análisis del problema
- Búsqueda de soluciones
- Elección de la solución más adecuada
- Especificación de la solución



Método de ingeniería en Ingeniería del Software

- Recolección y análisis de requisitos
 - Actividad: Formulación del problema con el cliente
 - Resultado: **Modelo del dominio del problema**
 - ➔ Formulación y análisis del problema
- Diseño del sistema
 - Actividad: Análisis del problema
 - Actividad: Descomposición en partes
 - Actividad: Selección de estrategias para diseñar el sistema
 - Actividad: Selección del diseño detallado para cada una de las partes
 - Resultado: **Modelo del dominio de la solución**
 - ➔ Búsqueda de soluciones; elección de la solución más adecuada
- Implementación
 - Actividad: Trasladar el modelo del dominio de la solución en representaciones ejecutables
 - ➔ Especificación de la solución

Modelo del problema vs. modelo de la solución (i)

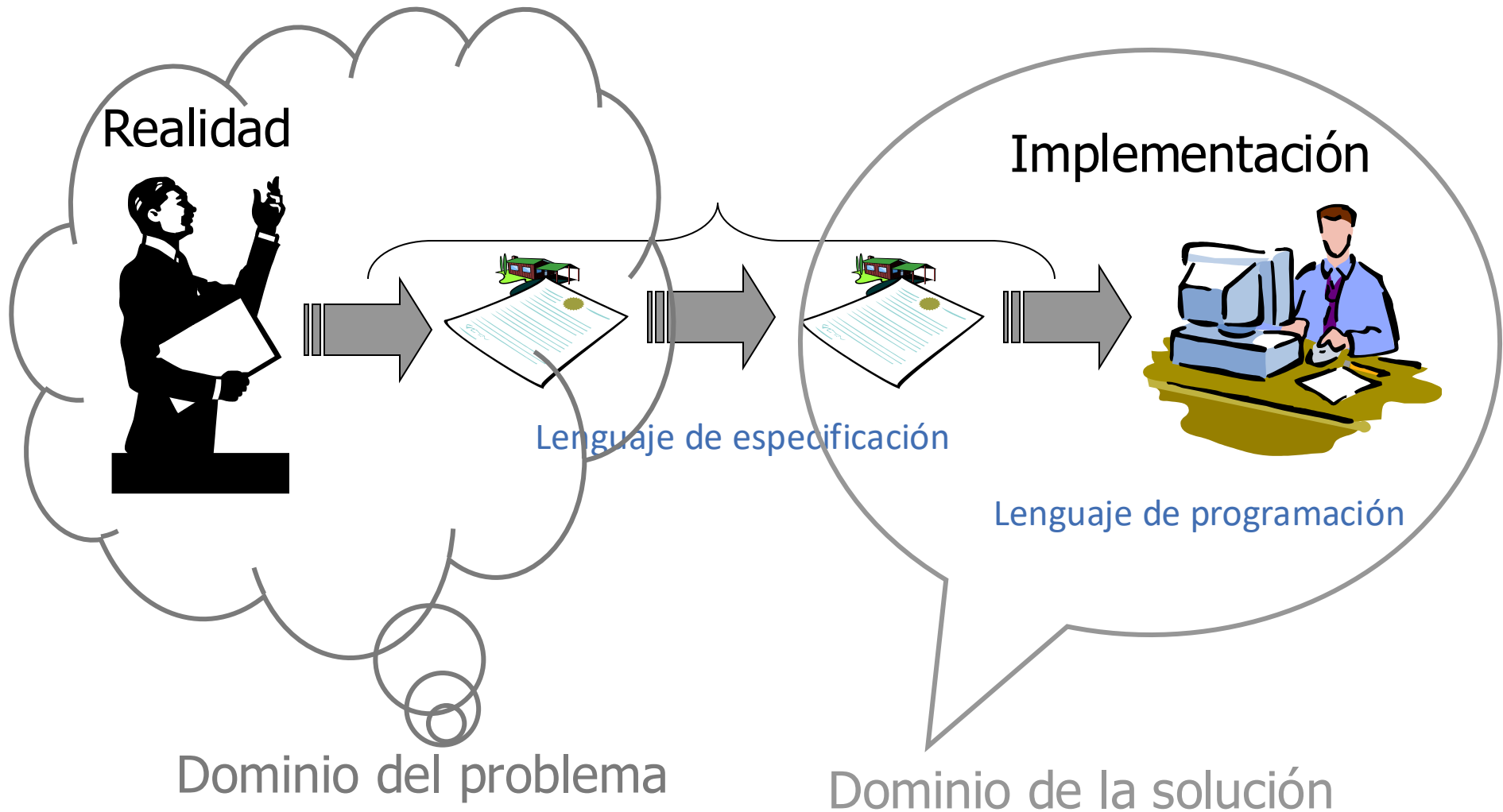
■ **Modelo del Dominio del Problema**

- Descripción de aquellos aspectos del sistema del mundo real que son relevantes para el problema en consideración
- Comprensión del entorno en el que ha de funcionar el sistema

■ **Modelo del Dominio de la Solución**

- Comprensión de los sistemas que se han de construir
- Evaluar diferentes soluciones alternativas
- Participación de un equipo de desarrollo en la construcción del sistema

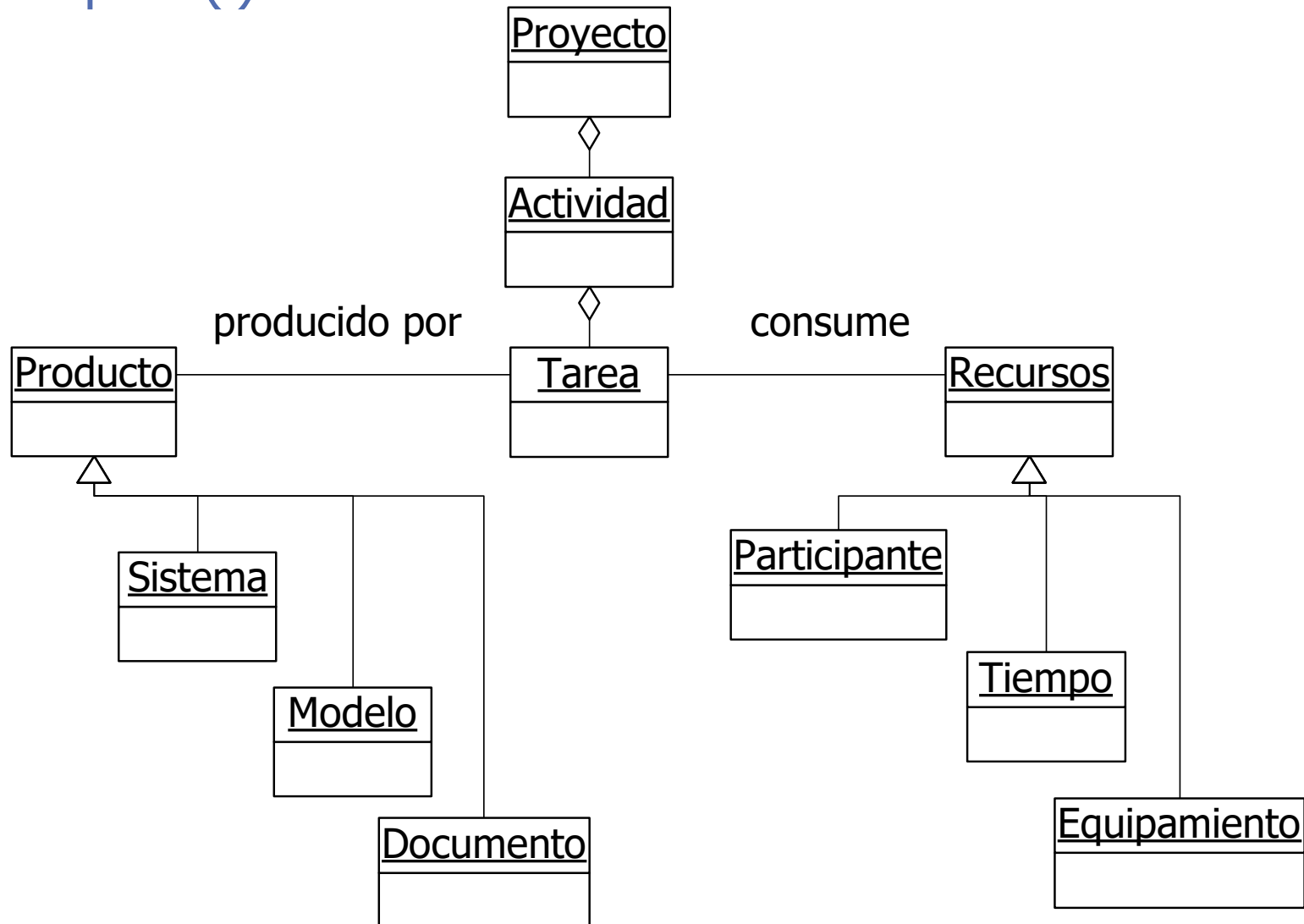
Modelo del problema vs. modelo de la solución (ii)



Marco conceptual de la Ingeniería del Software

- Un sistema *software* es siempre una parte de un sistema mayor que lo engloba como componente
- La Ingeniería del *Software* será solamente una parte del diseño del sistema
 - Los requisitos del *software* han de ajustarse a los requisitos del resto de los elementos que constituyen este sistema
 - El ingeniero del *software* ha de estar implicado en el desarrollo de los requisitos del sistema completo, comprendiendo el dominio de actividad en su totalidad
- La **Teoría General de Sistemas** es el antecedente conceptual en el que se apoya la teoría sobre los Sistemas de Información a los que la Ingeniería del *Software* intenta aportar soluciones

Conceptos (i)



Conceptos (ii)

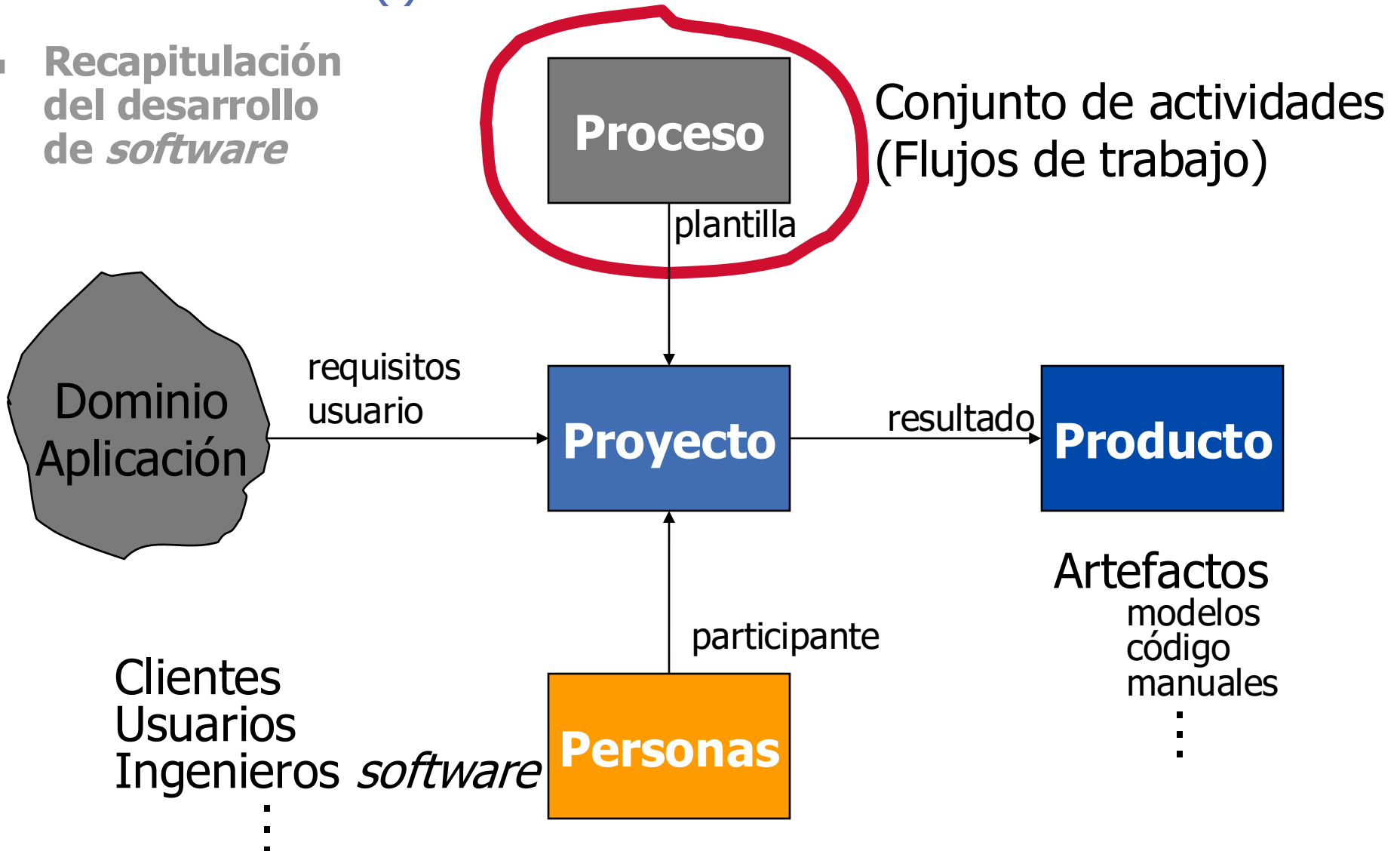
- **Proceso**
 - Define el marco de trabajo y permite un desarrollo racional y oportuno de la Ingeniería del *Software*
- **Método**
 - Indica cómo construir técnicamente el *software*. Se incluyen técnicas de modelado y otras técnicas descriptivas
- **Herramientas**
 - Proporcionan el soporte automático o semiautomático para el proceso y para los métodos
- **Notación**
 - Conjunto de reglas gráficas o textuales para la representación de un modelo
- **Metodología**
 - Colección de métodos para resolver un tipo de problemas
 - Descompone el proceso de desarrollo en actividades y proporciona los métodos adecuados para llevar a cabo dichas actividades

3. Proceso software



Introducción (i)

- **Recapitulación del desarrollo de *software***



Introducción (ii)

- La Ingeniería del *Software* es una tecnología multicapa



“El fundamento de la Ingeniería del Software es la capa proceso. El proceso de la Ingeniería del Software es la unión que mantiene juntas las capas de tecnología y que permite un desarrollo racional y oportuno de la Ingeniería del Software”

[Pressman, 2010]

“Un proceso bien definido es necesario para desarrollar sistemas software de manera repetible y predecible”

“Permite un negocio sostenible y que puede mejorar en cada nuevo proyecto, incrementando la eficiencia y productividad de la organización”

G. Booch

Definición de proceso software

- Conjunto de actividades necesarias para transformar las ideas iniciales del usuario, que desea automatizar un determinado trabajo, en *software*
- Conjunto de actividades y resultados asociados necesarios para producir un producto *software*. Estas actividades son: especificación del *software*, desarrollo del *software*, validación del software y evolución del *software* [Sommerville, 2005]
- Conjunto ordenado de actividades; una serie de pasos que involucran tareas, restricciones y recursos que producen una determinada salida esperada [Pfleeger, 2002]
- Marco de trabajo de las tareas que se requieren para construir *software* de alta calidad [Pressman, 2010]

Características de un proceso (i)

- Cualquier proceso tiene las siguientes características [Pfleeger, 2002]
 - El proceso establece todas las actividades principales
 - El proceso utiliza recursos, está sujeto a una serie de restricciones y genera productos intermedios y finales
 - El proceso puede estar compuesto de subprocesos que se encadenan de alguna manera. Puede definirse como una jerarquía de procesos organizada de modo que cada subproceso tenga su propio modelo de proceso
 - Cada actividad del proceso tiene criterios de entrada y de salida, de modo que se conoce cuándo comienza y cuándo termina una actividad
 - Las actividades se organizan en secuencia de modo que resulta claro cuando una actividad se realiza en orden relativo a otras actividades
 - Todo proceso tiene un conjunto de principios orientadores que explican las metas de cada actividad
 - Las restricciones o controles pueden aplicarse a una actividad, recurso o producto

Características de un proceso (ii)

- Otras características que van a definir un proceso son
 - **Comprensión**
 - Está definido y es comprensible
 - **Visibilidad**
 - Se visualizan los progresos externamente
 - **Soporte**
 - Está soportado por herramientas CASE
 - **Aceptación**
 - Es aceptable para todos los actores implicados
 - **Confianza**
 - Los errores del proceso se detectan antes de que se produzcan errores en el producto
 - **Robustez**
 - Se puede continuar a pesar de problemas inesperados
 - **Capacidad de mantenimiento**
 - Puede ajustarse a las necesidades de cambio de la organización
 - **Rapidez**
 - Con qué "velocidad" se producen los sistemas
 - **Adaptación**
 - Capacidad que tiene un usuario del mismo de adaptarlo a sus necesidades

Importancia del proceso en el desarrollo del software (i)

- Un proceso *software* debe especificar
 - La **secuencia de actividades** a realizar por el equipo de desarrollo
 - Flujo de actividades
 - Los **productos** que deben crearse
 - Resultados del trabajo (modelos, documentos, datos informes...)
 - Qué y cuándo
 - La **asignación de tareas** a cada miembro del equipo y al equipo como un todo
 - Los **criterios** para controlar el proceso
 - Se establece el control de gestión de los proyectos *software*
 - Establecimiento de hitos
 - Las posibles **heurísticas**

Importancia del proceso en el desarrollo del software (ii)

- Facilita la gestión del proyecto
- Establece una división del trabajo
- Facilita la comunicación de los miembros del equipo
- Permite la reasignación y la reutilización de personal especializado
 - Transferencia entre proyectos
- Mejora la productividad y el desarrollo
 - El desarrollo es reproducible
- Establece el contexto en el que se aplican los métodos técnicos
- Gestiona el cambio adecuadamente
- Asegura la calidad

Ciclo de vida del software (i)

- Cuando un proceso implica la construcción de algún producto, suele referirse al proceso como un **ciclo de vida**
 - El proceso de desarrollo de *software* suele denominarse **ciclo de vida del *software***
- La evolución del *software* representa el ciclo de actividades involucradas en el desarrollo, uso y mantenimiento de sistemas *software* [Scacchi, 1987]
- Los **proyectos *software*** se desarrollan en una serie de **fases**
 - Van desde la **concepción del *software*** y su desarrollo inicial hasta su **puesta en funcionamiento y posterior retirada** por otra nueva generación de *software*
 - Estas fases pueden ser
 - Temporales
 - Forman una secuencia en el tiempo
 - Lógicas
 - Cuando representan pasos o etapas que no constituyen una secuencia temporal

Ciclo de vida del software (ii)

- Se puede definir ciclo de vida del *software* como (i)
 - Las distintas fases por las que pasa el *software* desde que nace una necesidad de mecanizar un proceso hasta que deja de utilizarse el *software* que sirvió para ese objetivo, pasando por las fases de desarrollo y explotación [Frakes et al., 1991]
 - El período de tiempo que comienza cuando se concibe un producto *software* y finaliza cuando el producto pierde su utilidad. El ciclo de vida del *software* incluye las siguientes fases: fase de requisitos, fase de diseño, fase de realización, fase de pruebas, fase de instalación y aceptación, fase de operación y mantenimiento y, algunas veces, fase de retirada [AECC, 1986]
 - Un marco de referencia que contiene los procesos, las actividades y las tareas involucradas en el desarrollo, la explotación y el mantenimiento de un producto de *software*, abarcando la vida del sistema desde la definición de requisitos hasta la finalización de su uso [ISO/IEC, 2008]
 - Una aproximación lógica a la adquisición, el suministro, el desarrollo, la explotación y el mantenimiento del *software* IEEE Std 1074-1997 *Standard for Developing Software Life Cycle Processes* [IEEE, 1999b]

Ciclo de vida del software (iii)

- Se puede definir ciclo de vida del *software* como (ii)
 - El ciclo de vida del *software* consiste de las siguientes fases: análisis de requisitos, diseño, implementación, prueba y mantenimiento. El proceso de desarrollo tiende a una iteración de estas fases más que a un proceso lineal [CERN, 1996]
 - El ciclo de vida del *software* usa el modelo de que un elemento *software* tiene vida. Un elemento *software* tiene una fase de concepción (una idea en una mente de un usuario potencial), después de una fase de gestación (la fase de desarrollo del *software*) hacia una fase de madurez (la revisión y corrección de errores, o fase de mantenimiento), y finalmente la fase de retirada
- Se puede definir ciclo de desarrollo del software como
 - El período de tiempo que comienza con la decisión de desarrollar un producto *software* y finaliza cuando se ha entregado éste. Este ciclo incluye, en general, una fase de requisitos, una fase de diseño, una fase de implantación, una fase de pruebas, y a veces, una fase de instalación y aceptación [AECC, 1986]

Modelo de proceso software

- Un modelo de proceso *software* es una representación abstracta de un proceso *software* [Sommerville, 2005]
- Hay varios modelos de procesos definidos en la bibliografía de Ingeniería del *Software*
- Cada modelo de proceso representa un proceso desde una perspectiva particular, por lo que sólo ofrece una información parcial sobre dicho proceso
- Los modelos de proceso genéricos, también llamados paradigmas de proceso
 - Presentan un proceso desde una perspectiva arquitectónica, es decir, ofrecen un marco de definición para el proceso, pero no detallan las actividades específicas
 - No son descripciones definitivas de los procesos *software*, más bien son abstracciones útiles que se utilizan para explicar diferentes aproximaciones al desarrollo del *software*

Razones para modelar un proceso

- Cuando se pone por escrito una descripción de un proceso, se da forma a una comprensión común de las actividades, recursos y restricciones relacionados con el desarrollo del *software*
- Ayuda al equipo de desarrollo a encontrar las inconsistencias, las redundancias y las omisiones en el proceso y en las partes que lo constituyen
- El modelo debe reflejar las metas del desarrollo. A medida que se construye el modelo el equipo de desarrollo evalúa las actividades candidatas por su adecuación para alcanzar dichas metas
- Ayuda al equipo de desarrollo a comprender dónde debe adaptarse el proceso
- Los modelos de proceso de desarrollo de *software* incluyen los requisitos del sistema como entrada y un producto entregado como salida

[Pfleeger, 2002]



Modelo general de proceso en Ingeniería

- **Especificación**
 - Formulación de los requisitos y restricciones del sistema
- **Diseño**
 - Elaboración de un documento con el modelo del sistema
- **Fabricación**
 - Construcción del sistema
- **Prueba**
 - Comprobación de que el sistema cumple las especificaciones requeridas
- **Instalación**
 - Entrega del sistema al cliente y garantía de que es operativo
- **Mantenimiento**
 - Reparación de los fallos que aparecen en el sistema

Modelo general de proceso en Ingeniería de Software

- En el proceso de construcción de sistemas informáticos se pueden distinguir tres fases genéricas
 - La definición
 - El desarrollo
 - El mantenimiento

Fase de definición

- Se identifican los requisitos claves del sistema y del *software*
- Se desarrolla
 - Un **Análisis de Sistemas**
 - Se define el papel de cada elemento en el sistema automatizado de información, incluyendo el que jugará el *software*
 - Un **Análisis de Requisitos**
 - Se especifican todos los requisitos de usuario que el sistema tiene que satisfacer
 - Esta fase está orientada al **QUÉ**
 - Qué información ha de ser procesada, qué función y rendimiento se desea, qué interfaces han de establecerse, qué ligaduras de diseño existen y qué criterios de validación se necesitan para definir un sistema correcto
- Existe un paso complementario: la planificación del proyecto *software*
 - Se asignan los recursos
 - Se estiman los costes
 - Se planifican las tareas y el trabajo

Fase de desarrollo

- Fase orientada al **CÓMO**
- El primer paso de esta fase corresponde al **Diseño del *Software***
 - Se trasladan los requisitos del *software* a un conjunto de representaciones que describen la estructura de datos, arquitectura del *software* y procedimientos algorítmicos que permiten la construcción física de dicho *software*
- Los otros dos pasos de la fase de desarrollo corresponden a la **Codificación** y a la **Prueba del *Software***

Fase de mantenimiento

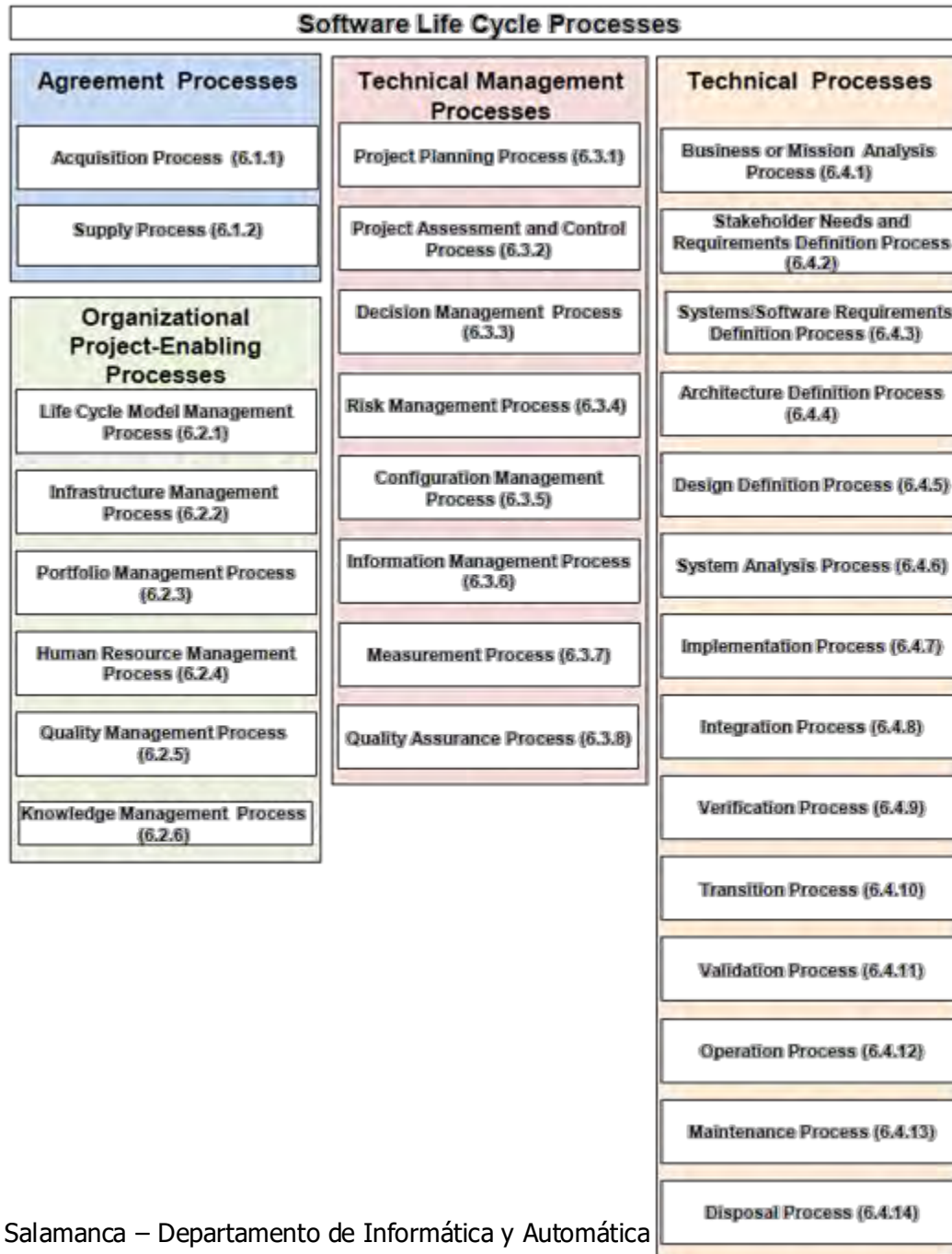
- **Mantenimiento correctivo**
 - Corrección de errores
- **Mantenimiento adaptativo**
 - Adaptaciones requeridas por la evolución del entorno del *software*
- **Mantenimiento perfectivo**
 - Las modificaciones debidas a los cambios de requisitos del usuario para mejorar el sistema
- **Mantenimiento preventivo**
 - Mejora de las características internas del producto para hacer más mantenible

Estándar ISO/IEC/IEEE 12207:2017 (i)

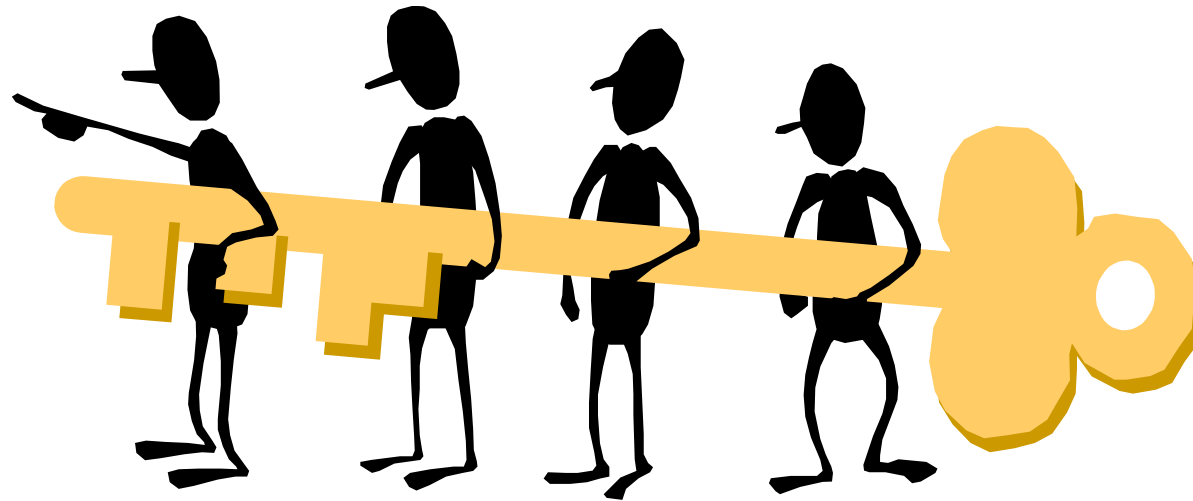
- El estándar ISO/IEC/IEEE 12207:2017 [ISO/IEC/IEEE, 2017] relativo a los procesos del ciclo de vida del *software*
 - Se aplica a la adquisición de sistemas de *software*, productos y servicios, al suministro, desarrollo, operación, mantenimiento y eliminación de productos de *software* o componentes de *software* de cualquier sistema, ya sea que se realice interna o externamente a una organización
 - Se incluyen aquellos aspectos de la definición del sistema necesarios para proporcionar el contexto de los productos y servicios de *software*
 - También proporciona procesos que pueden emplearse para definir, controlar y mejorar los procesos del ciclo de vida del *software* dentro de una organización o de un proyecto

Estándar ISO/IEC/IEEE 12207:2017 (ii)

- Esta norma no fomenta o especifica ningún modelo concreto de ciclo de vida, gestión del *software* o método de ingeniería, ni prescribe cómo realizar ninguna de las actividades



4. Metodologías



Introducción (i)

- Resulta necesario establecer un enfoque sistemático y disciplinado para llevar a cabo un desarrollo *software*
- El uso de una **metodología** permite el dominio del proceso descrito
- Una metodología es *el conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica o en una exposición doctrinal* [RAE, 2024]
- Una metodología *software* es un enfoque, una manera de interpretar la realidad o la disciplina en cuestión, que en este caso particular correspondería a la Ingeniería del *Software*
- Se elaboran a partir del marco definido por uno o varios ciclos de vida
- No existe un consenso entre los diversos autores sobre el concepto de metodología

Introducción (ii)

- Desde una perspectiva de Ingeniería de *Software*, una metodología
 - Describe cómo se organiza un proyecto
 - Establece el orden en el que la mayoría de las actividades tienen que realizarse y los enlaces entre ellas
 - Indica cómo tienen que realizarse algunas tareas proporcionando las herramientas concretas e intelectuales
- Con una metodología se intentan cubrir las siguientes necesidades [Piattini et al., 2004]
 - Mejores aplicaciones
 - Mejor proceso de desarrollo
 - Establecer un proceso estándar en una organización

Definiciones (i)

- Conjunto de filosofías, fases, procedimientos, reglas, técnicas, herramientas, documentación y aspectos de formación para los desarrolladores de sistemas de información. Según esto, una metodología es un conjunto de componentes que especifican: *Cómo dividir un proyecto en etapas; Qué tareas se llevarán a cabo en cada etapa; Qué salidas se producen y cuándo deben producirse; Qué restricciones se aplican; Qué herramientas van a ser utilizadas; Cómo se gestiona y se controla el proyecto* [Maddison, 1983]
- Una metodología es una aproximación organizada y sistemática para el ciclo de vida del sistema o sus partes. Especifica las tareas individuales y sus secuencias [Palvia y Nosek, 1993]
- Conjunto de procedimientos, técnicas, herramientas y un soporte documental que ayuda a los desarrolladores a realizar nuevo *software* [Piattini et al., 2004]

Definiciones (ii)

- Se puede definir **metodología de Ingeniería del Software** como

Un proceso para producir software de forma organizada, empleando una colección de técnicas y convenciones de notación predefinidas [Rumbaugh et al., 1991]

- Confusión entre los términos metodología, método y ciclo de vida por abuso del lenguaje técnico
 - Una metodología puede seguir uno o varios modelos de ciclo de vida, esto es, el ciclo de vida indica qué es lo que hay que obtener a lo largo del desarrollo del proyecto, pero no cómo. Esto sí lo debe indicar la metodología
 - Una metodología es un concepto más amplio que el de método. Así, se puede considerar a la metodología como un conjunto de métodos

Objetivos de las metodologías

- Establecer los requisitos de un sistema *software* de una forma acertada
- Proporcionar un método sistemático de desarrollo de forma que se pueda controlar su proceso
- Construir un sistema *software* dentro de un tiempo apropiado y unos costes aceptables
- Construir un sistema que esté bien documentado y que sea fácil de mantener
- Ayudar a identificar, lo antes posible, cualquier cambio que sea necesario realizar dentro del proceso de desarrollo
- Proporcionar un sistema que satisfaga a todas las personas afectadas por el mismo

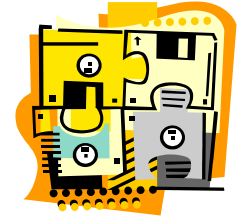
[Piattini et al., 2004]

Características deseables en una metodología

- Una metodología debe cubrir [Henderson-Sellers y Firesmith, 1999]
 - Un proceso de ciclo de vida completo, que comprenda aspectos tanto del negocio como técnicos
 - Un conjunto completo de conceptos y modelos que sean internamente consistentes
 - Una colección de reglas y guías
 - Una descripción completa de artefactos a desarrollar
 - Una notación con la que trabajar, idealmente soportada por diversas herramientas CASE y diseñada para una usabilidad óptima
 - Un conjunto de técnicas probadas
 - Un conjunto de métricas, junto con asesoramiento sobre calidad, estándares y estrategias de prueba
 - Identificación de los roles organizacionales
 - Guías para la gestión de proyectos y aseguramiento de la calidad
 - Asesoramiento para la gestión de bibliotecas y reutilización

Clasificación de la metodologías

- Estructuradas
 - Orientadas a procesos
 - Orientadas a datos
- Orientadas a estados y transiciones
- Orientadas al diseño del conocimiento
- Orientadas a objetos
- Orientadas al desarrollo de sistemas hipermediales
- Basadas en métodos formales



Metodologías estructuradas

- Proponen la creación de modelos del sistema que representan los procesos, los flujos y la estructura de los datos de una manera descendente
- Se pasa de una visión general del problema, nivel de abstracción alto, a un nivel de abstracción sencillo
- Esta visión se puede enfocar
 - Hacia un punto de vista funcional del sistema
 - Metodologías orientadas a procesos
 - Hacia la estructura de datos
 - Metodologías orientadas a datos



Metodologías orientadas a procesos

- La Ingeniería del *Software* se fundamenta en el modelo básico **entrada/proceso/salida** de un sistema
- Estas metodologías se enfocan fundamentalmente en la parte de **proceso**
- Utilizan un enfoque de descomposición descendente para evaluar los procesos del espacio del problema y los flujos de datos con los que están conectados
- Este tipo de metodologías se desarrolló a lo largo de los años 70
- Representantes de este grupo son las metodologías de análisis y diseño estructurado como
 - **Merise** [Tardieu et al., 1986]
 - **YSM** (*Yourdon Systems Method*) [Yourdon Inc., 1993]
 - **SSADM** (*Structured Systems Analysis and Design Method*) [Ashworth y Goodland, 1990]
 - **METRICA v.2.1** [MAP, 1995]
 - **METRICA v3.0** (Parcialmente) [MAP, 2001]



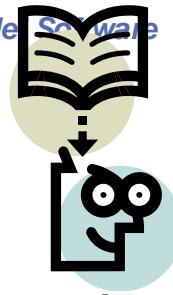
Metodologías orientadas a datos

- Estas metodologías se centran más la parte de **entrada/salida**
- Las actividades de análisis comienzan evaluando en primer lugar los datos y sus interrelaciones para determinar la arquitectura de datos subyacente
- Cuando esta arquitectura está definida, se definen las salidas a producir y los procesos y entradas necesarios para obtenerlas
- Representantes
 - **JSP** (*Jackson Structured Programming*) [Jackson, 1975]
 - **JSD** (*Jackson Structured Design*) [Jackson, 1983]
 - **LCP** (*Logical Construction Program*) [Warnier, 1974]
 - **DESD** (Desarrollo de Sistemas Estructurados de Datos), también conocido como metodología **Warnier-Orr** [Orr, 1977]



Orientadas a estados y transiciones

- Están dirigidas a la especificación de
 - Sistemas en tiempo real
 - Sistemas que tienen que reaccionar continuamente a estímulos internos y externos (eventos o sucesos)
- Representantes
 - Extensiones de las metodologías de análisis y diseño estructurado de **Ward y Mellor** (1985) y de **Hatley y Pirbhai** (1987)



Orientadas al diseño del conocimiento

- Aproximación que se encuentra aún en una fase temprana de desarrollo
- Utiliza técnicas y conceptos de Inteligencia Artificial para especificar y generar sistemas de información
- Representantes
 - **KADS** (*Knowledge Acquisition and Development Systems*) [Wielinga et al., 1991]
 - **IDEAL** [Gómez et al., 1998]



Orientadas a objetos (i)

- Se fundamentan en la integración de los dos aspectos de los sistemas de información: **datos** y **procesos**
- En este paradigma un sistema se concibe como un conjunto de objetos que se comunican entre sí mediante mensajes
- El objeto encapsula datos y operaciones
 - Este enfoque permite un modelado más natural del mundo real y facilita enormemente la reutilización del *software*
- Las metodologías orientadas a objetos acortan la distancia existente entre el espacio de conceptos (lo que los expertos o usuarios conocen) y el espacio de diseño e implementación



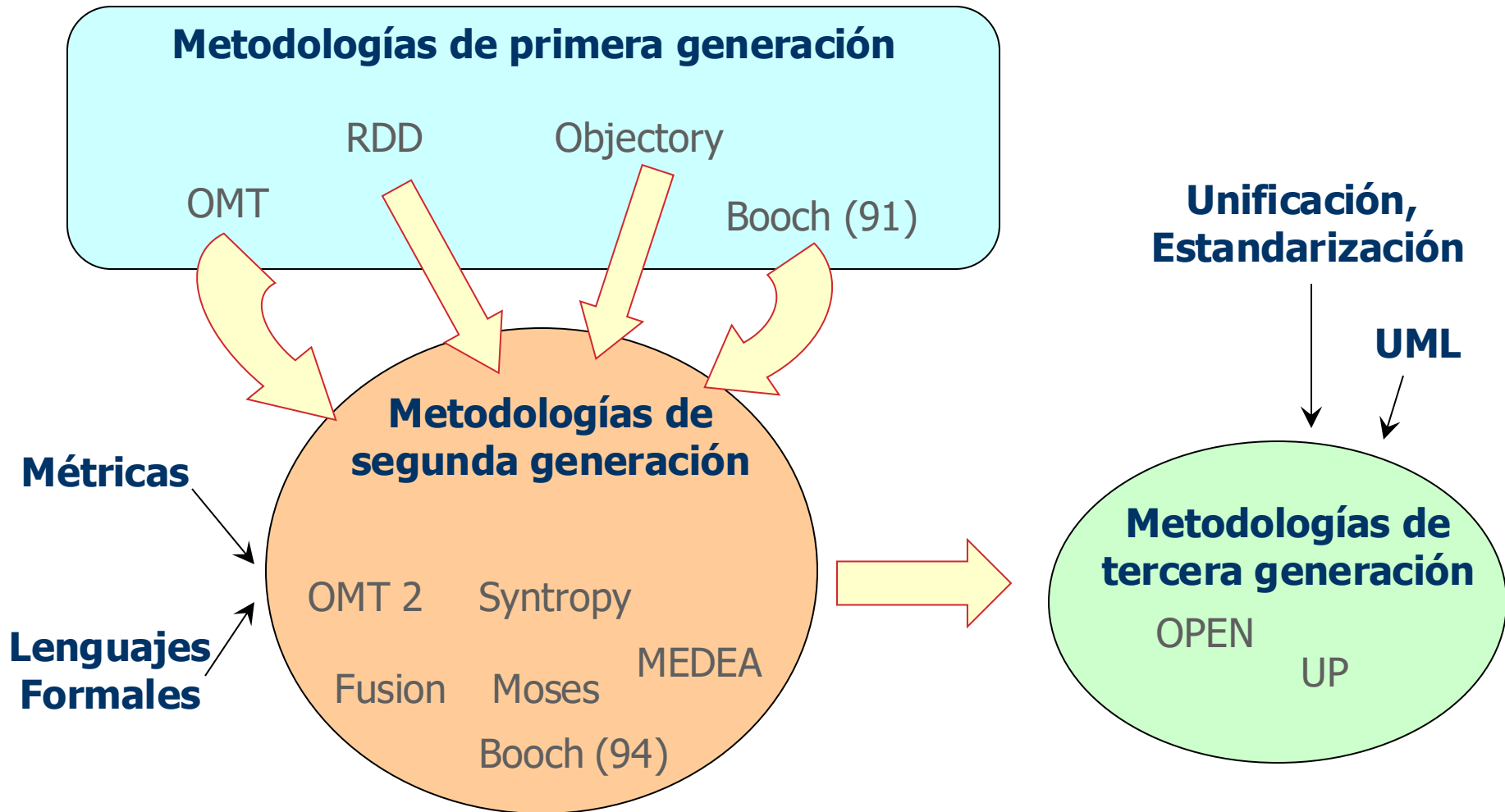
Orientadas a objetos (ii)

- Gran cantidad de representantes
 - Metodologías dirigidas por los datos
 - **OMT** (*Object Modeling Technique*) [Rumbaugh et al., 1991]
 - **Fusion** [Coleman et al., 1994]
 - Metodologías dirigidas por las responsabilidades
 - **RDD** (*Responsibility Driven Design*) [Wirfs-Brock et al., 1990]
 - **OBA** (*Object Behavior Analysis*) [Rubin y Goldberg, 1992]
 - Metodologías dirigidas por los casos de uso
 - **Objectory** [Jacobson et al., 1992]
 - **Proceso Unificado** [Jacobson et al., 1999]
 - Metodologías dirigidas por estados
 - **Metodología de Shlaer y Mellor** [Shlaer y Mellor, 1992]



Orientadas a objetos (iii)

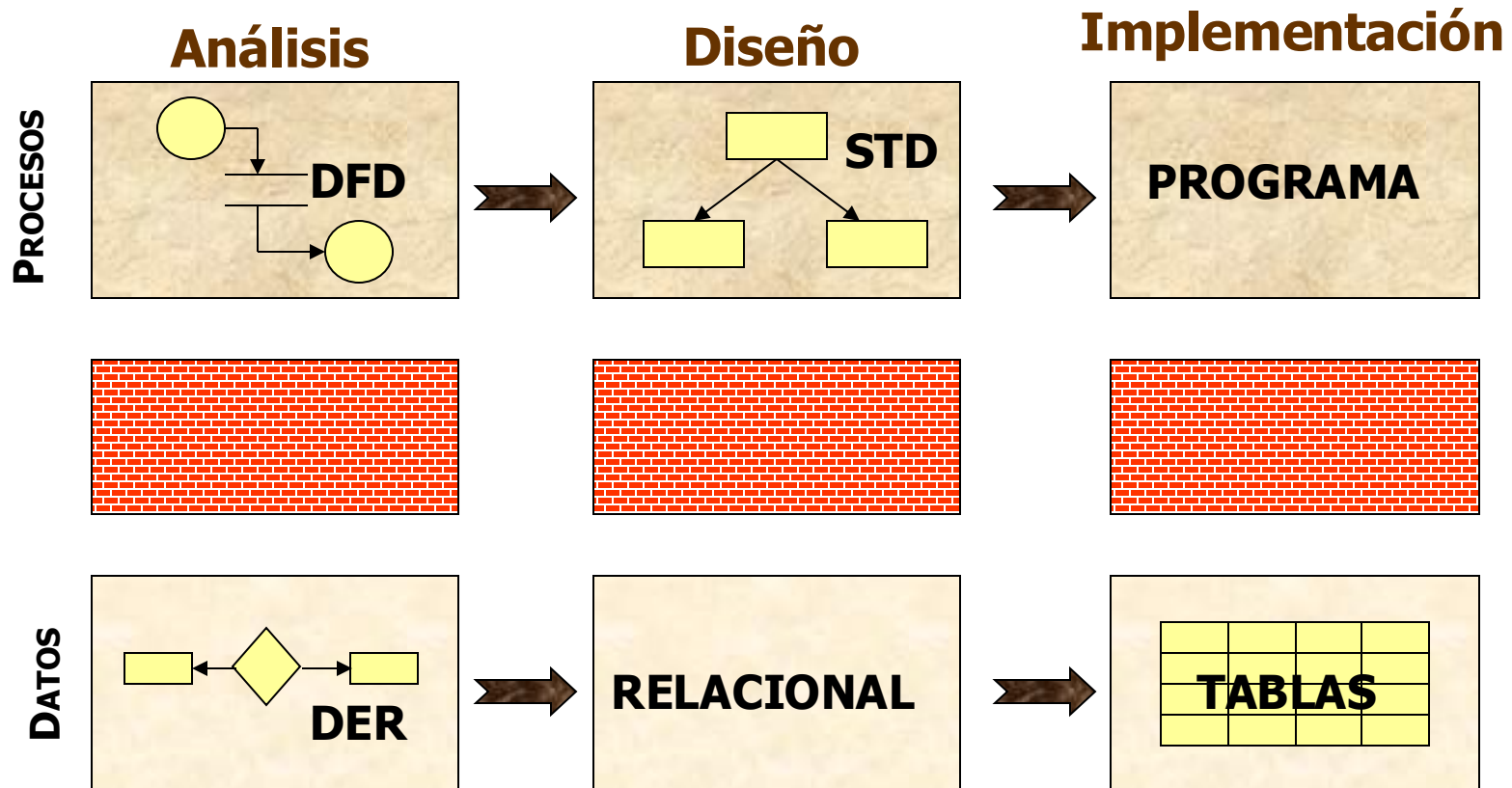
■ Evolución de las metodologías OO





Orientadas a objetos (iv)

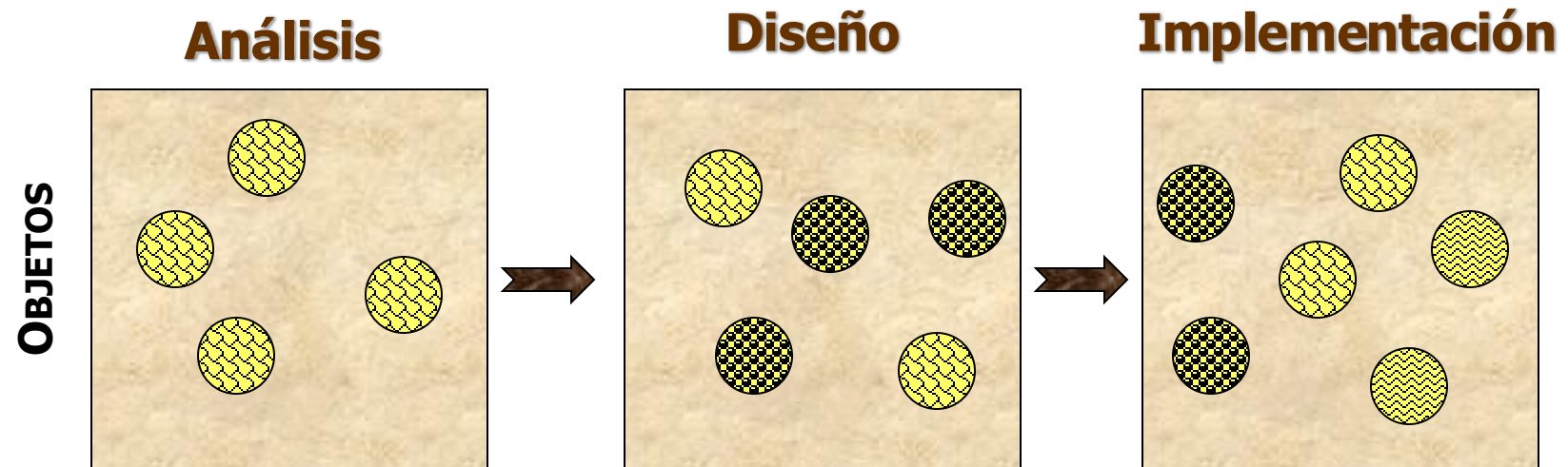
- Metodologías estructuradas vs. Metodologías OO (i)





Orientadas a objetos (v)

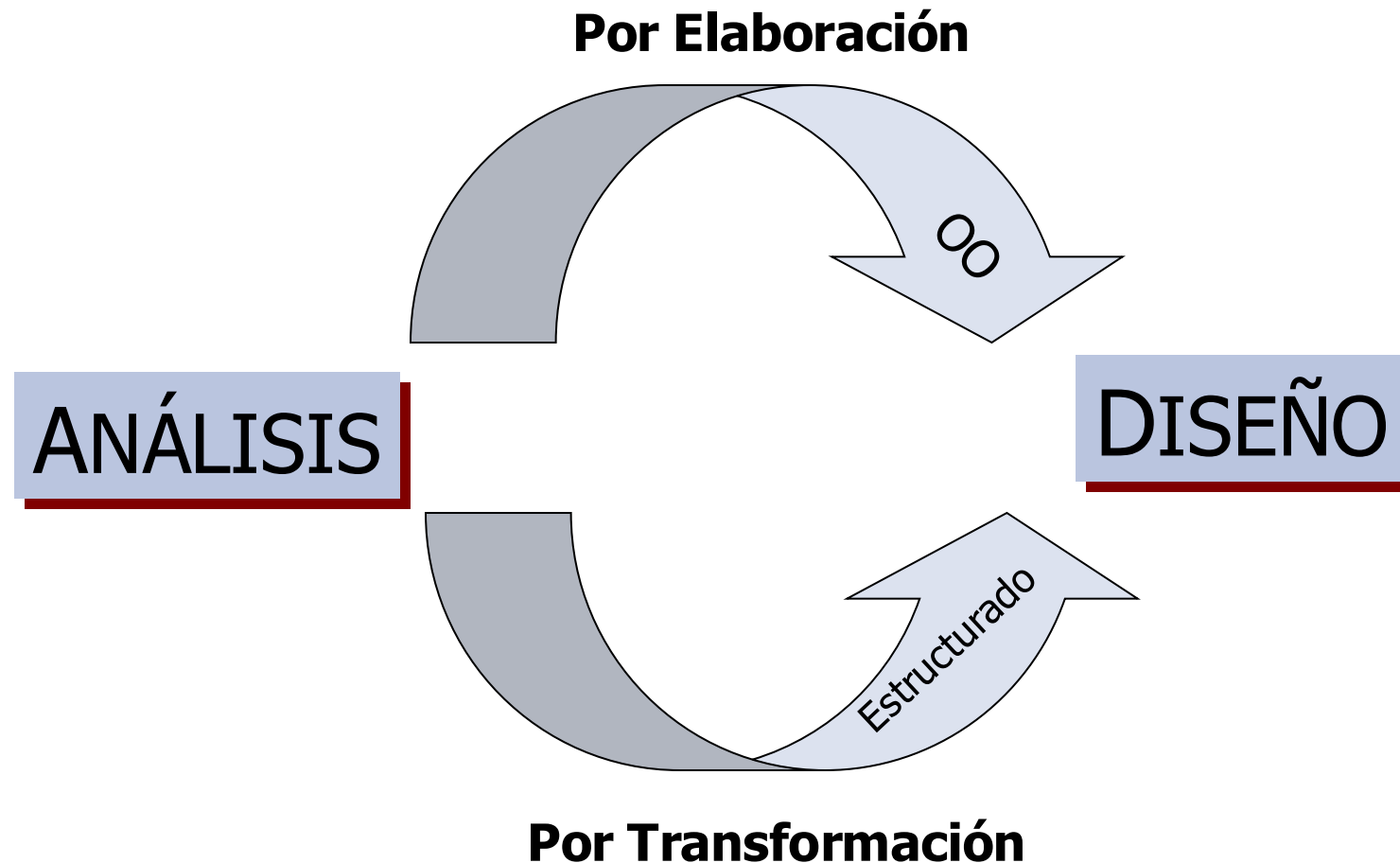
- Metodologías estructuradas vs. Metodologías OO (ii)





Orientadas a objetos (vi)

- Metodologías estructuradas vs. Metodologías OO (iii)



Orientadas al desarrollo de sistemas hipermediales (i)



- Pretenden sistematizar la creación de aplicaciones web dentro de un proceso de creación de *software* bien definido
- Muchas de estas aproximaciones adolecen de tratar de forma separada los aspectos hipermediales de los meramente funcionales
 - Esto dificulta el afrontar el problema del desarrollo de aplicaciones web dentro de un contexto uniforme
- No obstante, salvando estas soluciones parciales, se tiene ampliamente asumido que los sitios web tradicionales están evolucionando de meros almacenes de información hipermedia a aplicaciones hipermedia distribuidas, comúnmente denominadas **aplicaciones web** [Baresi et al., 2000]



Orientadas al desarrollo de sistemas hipermediales (ii)

- Se han definido diversas propuestas metodológicas para la construcción de aplicaciones Web
 - Proponen diferentes pasos y actividades
 - Algunas se centran sólo en el diseño o en la representación visual, mientras que otras cubren todo el proceso de desarrollo de una aplicación Web
 - Todas prescriben diferentes técnicas y notaciones
 - Algunas están soportados por herramientas
- Representantes
 - **HDM** (*Hypermedia Design Model*) [Garzotto et al., 1993]
 - **HFPM** (*Hypermedia Flexible Process Modeling*) [Olsina, 1998]
 - **OOHDM** (*Object-Oriented Hypermedia Design Method*) [Rossi, 1996]
 - **OOH-Method** [Gómez et al., 2000]
 - **OOWS** (*Object-Oriented Web-Solutions*) [Pastor et al., 2001a]
 - **WSDN** (*Web Site Design Method*) [De Troyer y Leune, 1997]



Basadas en métodos formales

- Implican una revolución en los procedimientos de desarrollo, ya que a diferencia de todas las anteriores
- Se basan en teorías matemáticas que permiten una verdadera aproximación científica y rigurosa al desarrollo de sistemas de información y *software* asociado
- Representantes
 - **OO-Method** [Pastor et al., 2001b]

Metodologías ágiles (i)

- Los sistemas web caracterizados, entre otras cosas, por su presión temporal priorizan el *cuándo* sobre el *qué* como sucede en las aplicaciones tradicionales
- Esta reducción del ciclo de desarrollo del *software*, sin perder calidad ni capacidad de evolución y de mantenimiento, es uno de los retos a los que se enfrenta la Ingeniería Web
- A los procesos *software* que intentan dar solución a estas circunstancias se les conoce con el nombre de procesos ágiles o procesos ligeros



Métodos ágiles (ii)

- Las aproximaciones ágiles emplean procesos técnicos y de gestión que continuamente se adaptan y se ajustan a [Turk et al., 2002]
 - Cambios derivados de las experiencias ganadas durante el desarrollo
 - Cambios en los requisitos
 - Cambios en el entorno de desarrollo
- La agilidad en el desarrollo del *software* no significa únicamente poner en el mercado o en explotación los productos *software* más rápidamente
 - Esto choca frontalmente con los modelos de procesos tradicionales que son monolíticos y lentos, centrados en una única iteración o ciclo de larga duración
- Diversas aproximaciones
 - XP (*eXtreme Programming*) [Beck, 2000], que ha originado toda una corriente de desarrollo *extremo*

eXtreme Programming (i)

- Nuevo y controvertido enfoque de desarrollo de *software* basado en el modelo incremental
- Está indicado para
 - Equipos de tamaño mediano o pequeño
 - Requisitos imprecisos y cambiantes
- Características
 - El juego de la planificación
 - Versiones pequeñas
 - Metáfora
 - Diseño sencillo
 - Hacer pruebas
 - Refactorización
 - Programación en parejas
 - Propiedad colectiva
 - Integración continua
 - Cliente in-situ
 - Estándares de codificación

eXtreme Programming (ii)

- Según Beck (2000) la Programación Extrema descansa sobre cuatro valores
 - Comunicación
 - Sencillez
 - Realimentación
 - Valentía
- La Programación Extrema se diferencia de otros métodos en [Beck, 2000]
 - Su inmediata, concreta y continua realimentación de los ciclos cortos
 - Su enfoque de planificación incremental, que rápidamente plantea un plan global que se espera que evolucione a lo largo de la vida del proyecto
 - Su capacidad para programar de forma flexible la implementación de las funcionalidades, respondiendo a las necesidades cambiantes de los negocios
 - Su confianza en las pruebas automatizadas, escritas por los programadores y los clientes para controlar el progreso del desarrollo, para permitir la evolución del sistema y captar los defectos lo antes posible
 - Su confianza en la comunicación oral, las pruebas y el código fuente para comunicar la estructura e intención del sistema
 - Su confianza en el proceso de diseño evolutivo que perdura mientras perdura el sistema
 - Su confianza en la colaboración estrecha entre programadores con habilidades normales
 - Su confianza en las prácticas que funcionan tanto con los instintos a corto plazo de los programadores como con los intereses a largo plazo del proyecto

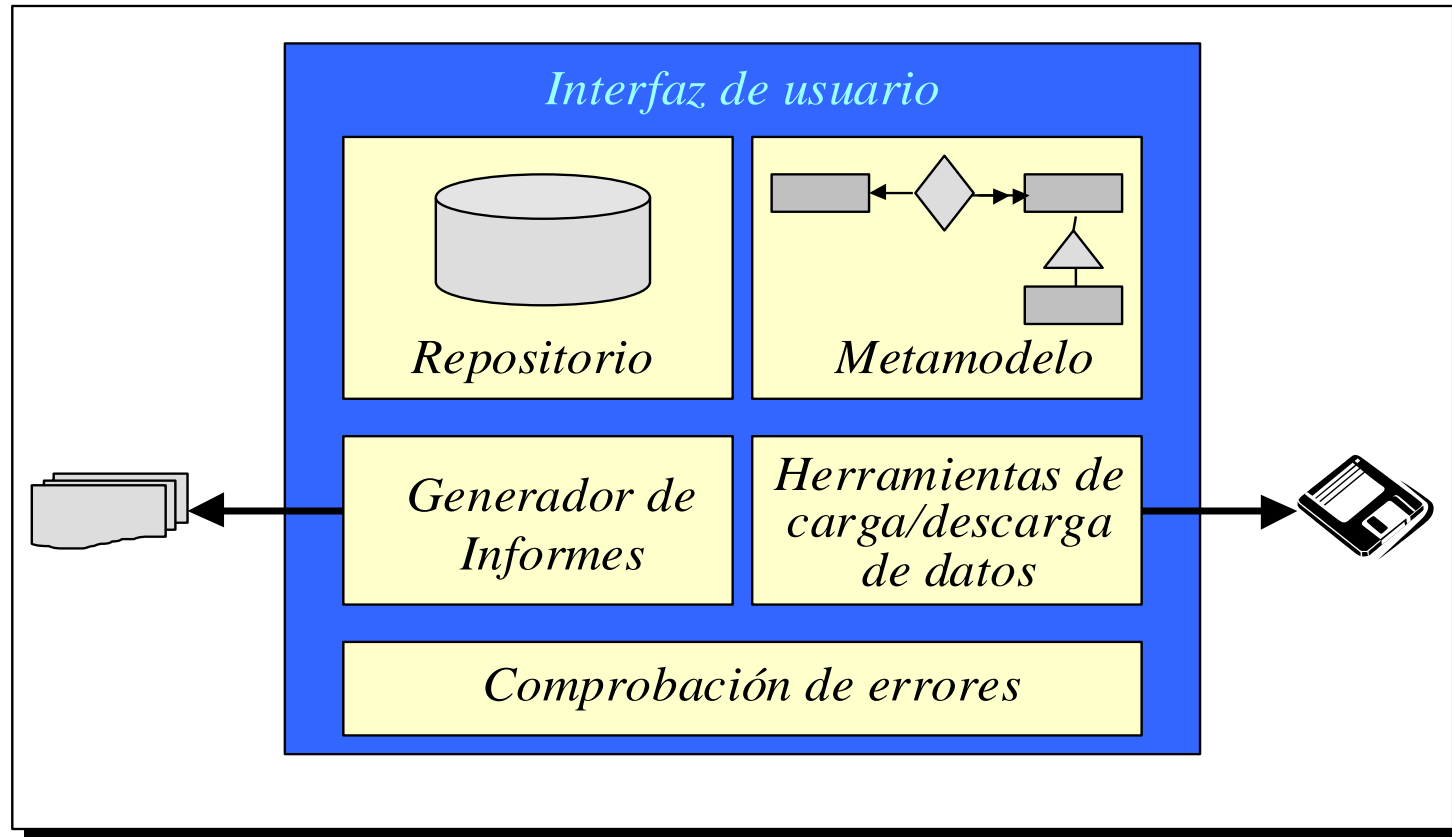
5. CASE



Introducción

- Tecnología CASE (*Computer Aided/Assisted Software/System Engineering*)
 - Es el nombre que se le da al *software* que se utiliza para dar soporte a las actividades del proceso *software*, tales como la ingeniería de requisitos, diseño, desarrollo y prueba [Sommerville, 2005]
 - Ofrece soporte al proceso *software* automatizando alguna de sus actividades, a la vez que da información sobre el *software* que está siendo desarrollado
- Algunas de las herramientas CASE son soluciones puntuales
 - Se utilizan para prestar apoyo a en una actividad del proceso *software* concreta, pero no se comunica directamente con otras
- Otras herramientas forman un entorno integrado I-CASE (*Integrated CASE*)

Componentes de una herramienta CASE

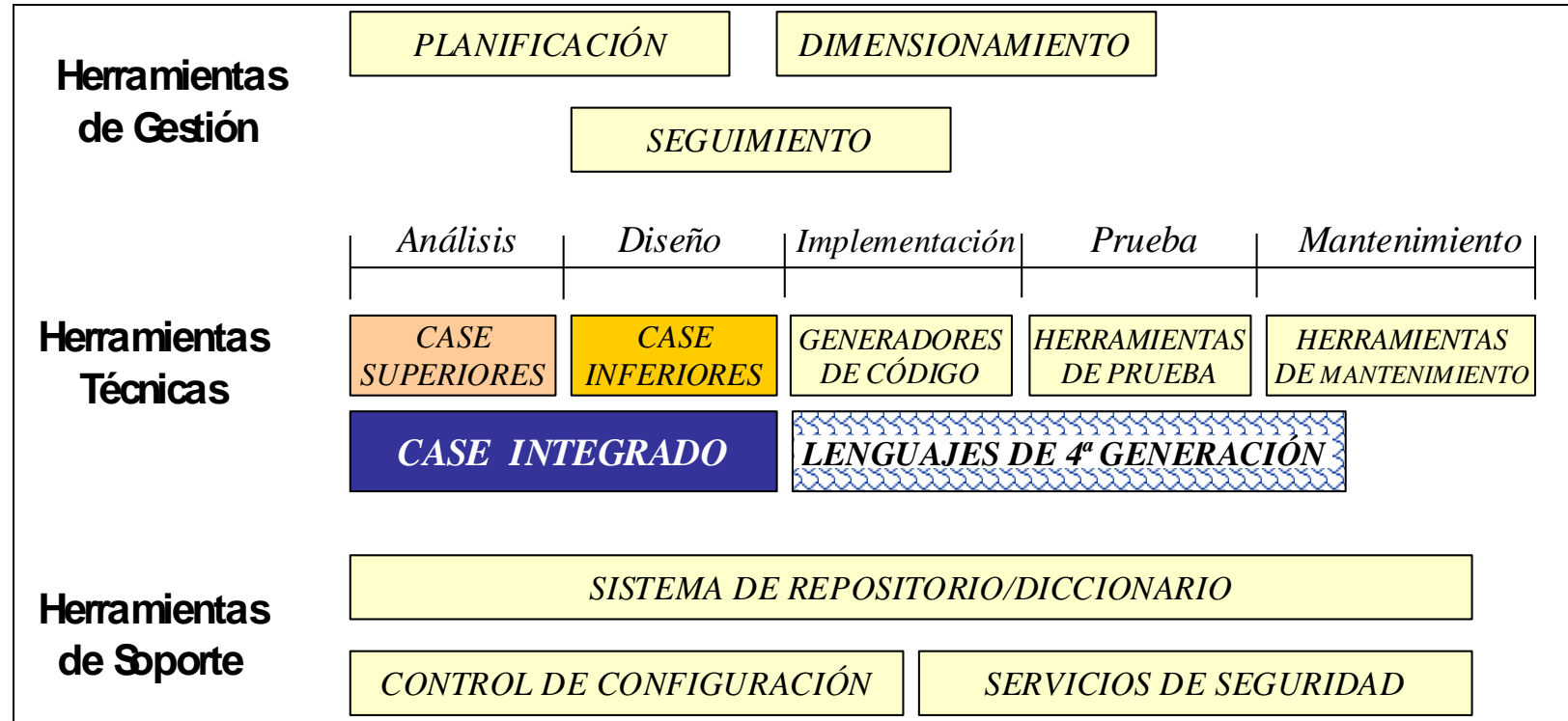


[Piattini et al., 2004]

Clasificación de las herramientas CASE (i)

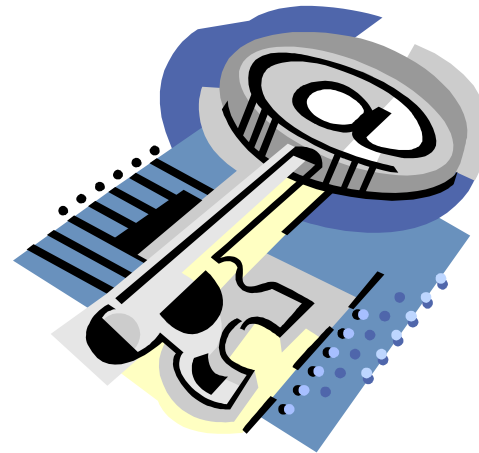
- Sommerville (2005) establece que se pueden realizar diferentes clasificaciones en función de diversas perspectivas, distinguiéndose
 - Perspectiva funcional
 - Se clasifican de acuerdo a su función específica
 - Herramientas de planificación, Herramientas de soporte de métodos, Herramientas de documentación...
 - Perspectiva de proceso
 - Se clasifican de acuerdo a las actividades del proceso *software* que soportan
 - Perspectiva de integración
 - Se clasifican de acuerdo a cómo se organizan en unidades de integración que ofrecen soporte a una o más actividades del proceso *software*

Clasificación de las herramientas CASE (ii)



[Piattini et al., 2004]

- Existen otras muchas clasificaciones de herramientas CASE, como por ejemplo [McClure, 1992], [Fuggetta, 1993] o [Pressman, 2002]



6. Aportaciones principales del tema

Aportaciones principales (i)

- El *software* es un producto con gran peso en la economía
- El desarrollo de *software* es una actividad compleja
- El *software* no se fabrica en el sentido clásico
- Un enfoque no de ingeniería provoca una profunda crisis en el sector del *software*
- Los objetivos de la Ingeniería del *Software* son desarrollar *software* de calidad, con mayor productividad, en menor tiempo y de forma lo más económica posible
- Resulta necesario establecer un enfoque sistemático y disciplinado para llevar a cabo un desarrollo *software*

Aportaciones principales (ii)

- Los procesos *software* son las actividades que intervienen en la producción de un sistema *software*
- Los modelos de proceso son representaciones abstractas de los procesos *software*
- Todos los modelos de proceso incluyen especificación de requisitos, diseño e implementación, validación y evolución
- La linealidad en el desarrollo del *software* no es realista. Normalmente se necesitan diversas iteraciones

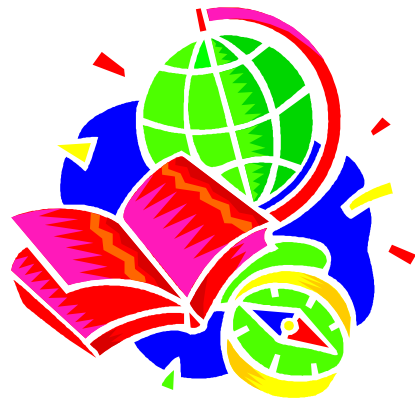
7. Cuestiones y ejercicios





Cuestiones y ejercicios

- Buscar, documentar y comentar dos situaciones problemáticas recientes cuyas causas se puedan achacar al *software*
- Seleccionar diferentes aplicaciones *software* e indicar la categoría de aplicación *software*
- Muchas organizaciones compran *software* comercial, pensando que es más barato que desarrollar y mantener *software* propio. Discutir las ventajas y desventajas de la utilización de paquetes comerciales
- Evaluar diferentes herramientas CASE, especialmente aquellas que den un soporte a las técnicas usadas en las fases de análisis y diseño



8. Lecturas complementarias

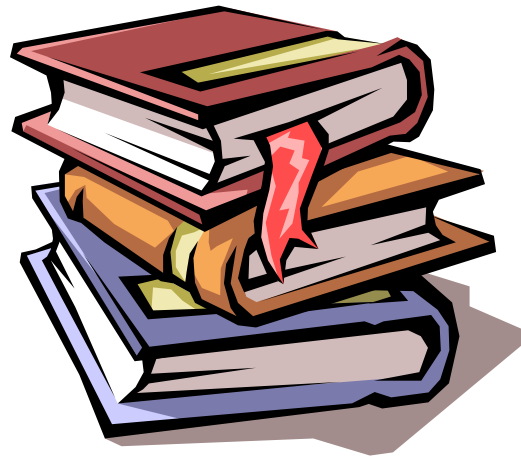
Lecturas complementarias (i)

- M. E. Fayad, M. Laitinen y R. P. Ward, "Thinking objectively: Software engineering in the small," *Communications of the ACM*, vol. 43, no. 3, pp. 115-118, 2000. doi: 10.1145/330534.330555. Disponible en: <https://goo.gl/KHhHaF>
 - Artículo donde se defiende que las compañías que desarrollan proyectos *software* de pequeño tamaño también deben utilizar técnicas de Ingeniería del *Software*
- A. Fuggetta, "A Classification of CASE Technology," *Computer*, vol. 26, no. 12, pp. 25-38, 1993. doi: 10.1109/2.247645
 - Artículo que realiza un informe clasificatorio sobre la tecnología CASE
- D. Gage, "Consumer products: When software bugs bite," *Baseline. Driving Business Success With Technology*, 2003, Disponible en: <https://goo.gl/BNMvR2>
 - Pone de manifiesto el desprestigio hacia la industria del *software*
- R. L. Glass, "Talk about a software crisis - not!," *Journal of Systems and Software*, vol. 55, no. 1, pp. 1-2, 2000. doi: 10.1016/s0164-1212(00)00043-1
 - Opinión personal del autor del artículo sobre la crisis del *software*
- J. L. Lions, "ARIANE 5 Flight 501 Failure," Report by the Inquiry Board, 1996. Disponible en: <https://goo.gl/nSH6Ht>
 - Informe de las causas del fallo del lanzamiento de la lanzadera espacial Ariane 5 el 4 de Junio de 1996

Lecturas complementarias (ii)

- Ministerio de las Administraciones Públicas, *Métrica v3*, Madrid, España: Ministerio de las Administraciones Públicas, 2001. [Online]. Disponible en: <https://goo.gl/FZ3aX4>
 - Documentación en línea sobre la metodología Métrica v3
- L. B. S. Raccoon, "Fifty years of progress in software engineering," *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, vol. 22, no. 1, pp. 88-104, 1997. doi: 10.1145/251759.251878
 - Presenta una visión de la evolución de la Ingeniería del *Software*. Presenta también el modelo de ciclo de vida **Caos**, comparándolo con otros modelos
- Risk Forum. (2025). Disponible en: <https://goo.gl/U9wifz>
 - Foro donde se describen diversas situaciones problemáticas causadas por fallos informáticos
- S. Sharma y A. Rai, "CASE deployment in IS organizations," *Communications of the ACM*, vol. 43, no. 1, pp. 80-88, 2000. doi: 10.1145/323830.323848
 - Informe de la presencia de la tecnología CASE en los sistemas de información de las empresas
- R. Singh, "The Software Life Cycle Processes standard," *Computer*, vol. 28, no. 11, pp. 89-90, 1995. doi: 10.1109/2.471194
 - Visión esquemática del estándar ISO/IEC 12207 sobre los procesos que componen el ciclo de vida del software

9. Referencias



Referencias (i)

- [**AECC, 1986**] **Asociación Española para la Calidad**. "Glosario de Términos de Calidad e Ingeniería del Software". AECC, 1986
- [**Ashworth y Goodland, 1990**] **Ashworth, C., Goodland, M.** "SSADM: A Practical Approach". McGraw-Hill, 1990
- [**Baresi et al., 2000**] **Baresi, L., Garzotto, F., Paolini, P.** "From Web Sites to Web Applications: New Issues for Conceptual Modeling". En Proceedings of ER'2000 Workshop on Conceptual Modeling and the Web. Series: Lecture Notes in Computer Science. Vol. LNCS 1921, pp. 89-100. Springer-Verlag, 2000
- [**Bauer, 1972**] **Bauer, F. L.** "Software Engineering Information Processing". Amsterdam: North Holland, 1972
- [**Basili y Turner, 1975**] **Basili, V., Turner, A.** "Iterative Enhancement: A practical Technique for Software Development". IEEE Transactions on Software Engineering, 1(4):390-396, 1975
- [**Beck, 2000**] **Beck, K.** "Extreme Programming Explained. Embrace Change". Addison-Wesley, 2000
- [**Blum, 1992**] **Blum, B. I.** "Software Engineering, A Holistic View", Oxford University Press, New York, p. 20, 1992
- [**Boehm, 1986**] **Boehm, B. W.** "A Spiral Model of Software Development and Enhancement". ACM Software Engineering Notes, 11(4):22-42, 1986
- [**Boehm, 2006**] **Boehm, B. W.** "A view of 20th and 21st century software engineering". Proceedings of the 28th international conference on Software engineering, ICSE '06 (Shanghai, China - May 20 - 28, 2006) pp. 12-29, New York, NY, USA: ACM, 2006. doi: 10.1145/1134285.1134288
- [**Booch et al., 1999**] **Booch, G., Rumbaugh, J., Jacobson, I.** "El Lenguaje Unificado de Modelado". Addison-Wesley, 1999
- [**Brooks, 1987**] **Brooks, F. P. Jr.** "No Silver Bullet. Essence and Accidents of Software Engineering". IEEE Computer, April 1987
- [**CERN, 1996**] **CERN.** "STING Software Engineering Glossary". CERN. <https://bit.ly/3rBLUqF>. September 1996 [Última vez visitado 8-2-2025]

Referencias (ii)

- [**Coleman et al., 1994**] **Coleman, D., Arnold, P., Bodoff, S.** "*Object-Oriented Development: The Fusion Method*". Prentice-Hall, 1994
- [**Davis, 1993**] **Davis, A. M.** "*Software Requirements. Objects, Functions and States*". Prentice-Hall International, 1993
- [**De Troyer y Leune, 1997**] **De Troyer, O., Leune, C.** "*WSDN: A User-Centered Design Method for Web Sites*". En Proceedings of the 7th International World Wide Web Conference WWW6. Elsevier, pp. 85-94. 1997
- [**DoD, 1995**] **DOD.** "*SRI Reuse Glossary*". DOD, December 1995
- [**Dyer, 1992**] **Dyer, M.** "*The Cleanroom Approach to Quality Software Development*". Wiley, 1992
- [**Finkelstein y Dowell, 1996**] **Finkelstein, A., Dowell, J.** "*A Comedy of Errors: The London Ambulance Service Case Study*". En Proceedings of the 8th International Workshop on Software Specification & Design IWSSD-8, pp. 2-4, IEEE CS Press, 1996
- [**Frakes et al., 1991**] **Frakes, W. B., Fox, C., Nejme, B. A.** "*Software Engineering in the UNIX/C Environment*". Prentice Hall, 1991
- [**Fuggetta, 1993**] **Fuggetta, A.** "*A Classification of CASE Technology*". IEEE Computer, 26(12):25-38. December 1993
- [**Garvin, 1984**] **Garvin, D.** "*What Does 'Product Quality' Really Mean?*". Sloan Management Review. 25-45. Autumn 1984
- [**Garzotto et al., 1993**] **Garzotto, F., Paolini, P., Schwabe, D.** "*HDM – A Model-Based Approach to Hypermedia Application Design*". ACM Transactions on Information Systems, 11(1), 1-26, 1993
- [**Ginige y Murugesan, 2001**] **Ginige, A., Murugesan, S.** "*Web Engineering-An Introduction*". IEEE Multimedia, 8(1):14-18. 2001

Referencias (iii)

- [**Gómez et al., 1998**] **Gómez, A., Juristo, N., Montes, C., Pazos, J.** "Ingeniería del Conocimiento". Madrid. Ceura, 1998
- [**Gómez et al., 2000**] **Gómez, J., Cachero, C., Pastor, O.** "Extending a Conceptual Modeling Approach to Web Application Design". En Proceedings of Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAISE). Series: Lecture Notes in Computer Science. Vol. LNCS 1789, pp. 79-93. Springer Verlag, 2000
- [**Hatley y Pirbhai, 1987**] **Hatley D. J., Pirbhai, A.** "Strategies for Real-Time System Specification". Dorset House, 1987
- [**Henderson-Sellers y Firesmith, 1999**] **Henderson-Sellers, B., Firesmith, D.** "Comparing OPEN and UML: The Two Third-Generation OO Development Approaches". Information and Software Technology, 41:139–156, 1999
- [**Humphrey, 1989**] **Humphrey, W. S.** "Managing the Software Process". Addison-Wesley, 1989
- [**IEEE, 1999a**] **IEEE.** "IEEE Software Engineering Standards Collection 1999 Edition. Volume 1: Customer and Terminology Standards". IEEE Computer Society Press, 1999
- [**IEEE, 1999b**] **IEEE.** "IEEE Software Engineering Standards Collection 1999 Edition. Volume 2: Process Standards". IEEE Computer Society Press, 1999
- [**ISO/IEC/IEEE, 2010**] **ISO/IEC/IEEE.** "Systems and software engineering – Vocabulary (ISO/IEC/IEEE 24765:2010(E))". USA: IEEE, 2010. doi: 10.1109/IEEESTD.2010.5733835
- [**ISO/IEC/IEEE, 2017**] **ISO/IEC/IEEE.** "ISO/IEC/IEEE, ISO/IEC/IEEE International Standard - Systems and software engineering -- Software life cycle processes (ISO/IEC/IEEE 12207:2017(E))". USA: IEEE, 2017. doi: 10.1109/IEEESTD.2017.8100771

Referencias (iv)

- [**Jackson, 1975**] **Jackson, M. A.** "*Principles of Program Design*". Academic Press, 1975
- [**Jackson, 1983**] **Jackson, M. A.** "*System Development*". Prentice-Hall, 1983
- [**Jacobson et al., 1992**] **Jacobson, I., Christerson, M., Jonsson, P., Övergaard, G.** "*Object Oriented Software Engineering: A Use Case Driven Approach*". Addison-Wesley, 1992
- [**Jacobson et al., 1999**] **Jacobson, I., Booch, G., Rumbaugh, J.** "*The Unified Software Development Process*". Object Technology Series. Addison-Wesley, 1999
- [**Kruchten, 2001**] **Kruchten, P.** "*Agility with the RUP*". Cutter IT Journal, 14(12):27-33. 2001
- [**Leveson, 1995**] **Leveson, N. G.** "*Safeware: System Safety and Computers*". Addison-Wesley, 1995
- [**Leveson y Turner, 1993**] **Leveson, N. G., Turner, C. S.** "*An Investigation of the Therac-25 Accidents*". IEEE Computer, 26(7):18-41. July 1997
- [**Maddison, 1983**] **Maddison, R. N.** "*Information System Methodologies*". Wiley Henden, 1983
- [**MAP, 1995**] **MAP – Ministerio de las Administraciones Públicas.** "*Metodología Métrica 2.1*". Volúmenes 1-3. Editorial Tecnos, 1995
- [**MAP, 2001**] **MAP – Ministerio de Administraciones Públicas.** "*MÉTRICA 3.0, Volúmenes 1-3*". Ministerio de Administraciones Públicas, 2001
- [**McClure, 1992**] **McClure, C.** "*CASE: La Automatización del Software*". Ra-ma, 1992
- [**McQuaid, 2010**] **McQuaid, P. A.** "*Software disasters—understanding the past, to improve the future*". *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research And Practice*, 24(5), 459-470. doi:10.1002/smr.500

Referencias (v)

- [**Minasi, 2000**] **Minasi, M.** "Software Conspiracy". McGraw Hill, 2000
- [**Moreno-Navarro, 2005**] **Moreno-Navarro, J. J.** "De la Arquitectura Software al Urbanismo Software: Hacia Nuevas Formas de Concebir los Sistemas de Software Intensivo". En las Actas de las X Jornadas sobre Ingeniería del Software y Bases de Datos, JISBD'2005 (Granada, 13-16 de septiembre de 2005), pp. 179-186. Thomson
- [**NIST, 1994**] **National Institute of Standards and Technology (NIST).** "Glossary of Software Reuse Terms". NIST, December 1994
- [**Olsina, 1998**] **Olsina, L.** "Building a Web-Based Information System Applying the Hypermedia Flexible Process Modeling Strategy". En Proceedings of the 1st International Workshop on Hypermedia Development, Hypertext'98. 1998
- [**Orr, 1977**] **Orr, K. T.** "Structured System Development". Yourdon Press, 1977
- [**Palvia y Nosek, 1993**] **Palvia, P., Nosek, J.** "A Field Examination of System Life Cycle Techniques and Methodologies". Information and Management, 25(2):73-84, 1993
- [**Parnas, 2011**] **Parnas, D. L.** "Software Engineering: Multi-person Development of Multi-version Programs". Dependable and Historic Computing: Essays Dedicated to Brian Randell on the Occasion of His 75th Birthday, C. B. Jones y J. L. Lloyd, Eds. Lecture Notes in Computer Science, no. LNCS 6875, pp. 413-427, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011. doi: 10.1007/978-3-642-24541-1_31
- [**Pastor et al., 2001a**] **Pastor, O., Abrahão, S. M., Fons, J. J., Ramón, S.** "An Object-Oriented Approach to Automate Web Applications Development". En Proceedings of the 2nd International Conference on Electronic Commerce and Web Technologies (EC-Web'01). Series: Lecture Notes in Computer Science, LNCS 2115, pp. 16-28. Springer Verlag, 2001
- [**Pastor et al., 2001b**] **Pastor, O., Gómez, J., Insfrán, E., Pelechano, V.** "The OO-Method Approach for Information Systems Modelling: From Object-Oriented Conceptual Modeling to Automated Programming". Information Systems, 26(7): 507-534, 2001

Referencias (vi)

- [**Piattini et al., 2004**] **Piattini, M., Calvo-Manzano, J. A., Cervera, J., Fernández, L.** "Análisis y Diseño Detallado de Aplicaciones Informáticas de Gestión". Ra-ma, 2004
- [**Pfleeger, 2002**] **Pfleeger, S. L.** "Ingeniería del Software. Teoría y Práctica". Prentice Hall, 2002
- [**Pressman, 2002**] **Pressman, R. S.** "Ingeniería del Software: Un Enfoque Práctico". 5ª Edición. McGraw-Hill. 2002
- [**Pressman, 2010**] **Pressman, R. S.** "Ingeniería del Software: Un Enfoque Práctico". 7ª Edición. McGraw-Hill. 2010
- [**RAE, 2024**] **Real Academia Española** "Diccionario de la Lengua Española". Versión electrónica 23.8. <http://www.rae.es>. [Última vez visitado, 8-2-2025]. 2024
- [**Rossi, 1996**] **Rossi, G.** "OOHDM: Object-Oriented Hypermedia Design Method". PhD Thesis, PUC-Rio, Brazil. 1996
- [**Rubin y Goldberg, 1992**] **Rubin, K. S., Goldberg, A.** "Object Behavior Analysis". Communications of the ACM 35(9): 48-62. September 1992
- [**Rumbaugh et al., 1991**] **Rumbaugh, J., Blaha, M., Premerlani, W., Eddy, F., Lorensen, W.** "Object-Oriented Modeling and Design". Prentice-Hall, 1991
- [**Scacchi, 1987**] **Scacchi, W.** "Models of Software Evolution: Life Cycle and Process". SEI Curriculum Module SEI-CM-10-1.0, Pittsburgh (EEUU), Software Engineering Institute (Carnegie Mellon University). 1987
- [**Shaw y Garlan, 1996**] **Shaw, M., Garlan, D.** "Software Architecture: Perspectives on a Emerging Discipline". Prentice-Hall, 1996
- [**Shlaer y Mellor, 1992**] **Shlaer, S., Mellor, S.** "Object Life Cycles: Modeling the World in States". Prentice-Hall, 1992

Referencias (vii)

- [**Smith, 2001**] **Smith, J.** "A Comparison of RUP and XP". White Paper. TP-167 5/01. Rational Software Corporation. 2001
- [**Sommerville, 2011**] **Sommerville, I.** "Ingeniería del Software". 9ª Edición, Addison-Wesley. 2011
- [**Tardieu et al., 1986**] **Tardieu, H., Rochfeld, A., Coletti, R.** "La Méthode Merise. Tomo 1. Principes et Outils". Editions d'Organisation, 1986
- [**Turk et al., 2002**] **Turk, D., France, R., Rumpe, B.** "Limitations of Agile Software Processes". Proceedings of 4th International Conference on eXtreme Programming and Agile Processes in Software Engineering, XP2002. (Alghero, Sardinia, Italy, April 2002). Páginas 43-46. 2002
- [**Ward y Mellor, 1985**] **Ward, P., Mellor, S.** "Structured Development for Real-Time Systems. Vols. 1-3". Yourdon Press, 1985
- [**Warnier, 1974**] **Warnier, J.** "Logical Construction of Programs". Van Nostrand Reinhold, 1974
- [**Wielinga et al., 1991**] **Wielinga, B. J., Schreiber, A. T., Breuker, J. A.** "KADS: A Modeling Approach to Knowledge Engineering". Technical Report ESPRIT Project P5248 KAD-II. 1991
- [**Wirfs-Brock et al., 1990**] **Wirfs-Brock, R., Wilkerson, B., Wiener, L.** "Designing Object-Oriented Software". Prentice-Hall, 1990
- [**Yourdon Inc., 1993**] **Yourdon Inc.** "Yourdon™ Systems Method. Model-Driven Systems Development". Prentice Hall International Editions, 1993

INGENIERÍA DE SOFTWARE I

Tema 1: Introducción a la Ingeniería del Software

Grado en Ingeniería Informática
Fecha de última modificación: 8-2-2025

Dr. Francisco José García-Peñalvo / fgarcia@usal.es
Dra. Alicia García-Holgado / aliciagh@usal.es
Dra. Andrea Vázquez-Ingelmo / andreamvazquez@usal.es



Departamento de Informática y Automática
Universidad de Salamanca

