

# UN ENFOQUE DE MODELADO Y SIMULACIÓN PARA LA COMPRENSIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO\*

Nuria Hurtado, Mercedes Ruiz

*Universidad de Cádiz. Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos  
C/Chile nº 1. 11003 - Cádiz (Spain)*

{nuria.hurtado, mercedes.ruiz}@uca.es

Jesús Torres

*Universidad de Sevilla. Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos  
Avda. Reina Mercedes s/n - Sevilla (Spain)*

jtorres@lsi.us.es

**Abstract** The usability of interactive systems is recognized nowadays as an essential contribution to the success of this kind of systems. In order to grant usability, software development organizations must take the application of User Centred Design (UCD) processes into consideration. However, there are inconveniences that hinder the application of these processes by software development organizations. Modelling and simulation techniques have been applied since the 90s in order to respond to several questions related to the software development process. This paper presents an approach to the application of modelling and simulation to the UCD process, with a view to a better understanding and visualization of the specific characteristics of this development process. The application of these techniques is expected to result in an improvement of the UCD process leading to an enhancement of system usability.

**Resumen** La usabilidad de los Sistemas Interactivos se reconoce ya como una componente fundamental del éxito de estos sistemas. Para garantizar la usabilidad, las organizaciones de desarrollo de software deben considerar la aplicación de procesos de Diseño Centrados en el Usuario (DCU). Sin embargo, existen inconvenientes que dificultan la aplicación de estos procesos por parte de las organizaciones de desarrollo de software. Las técnicas de modelado y simulación se han aplicado desde la década de los 90 para dar respuesta a distintas cuestiones relacionadas con el proceso de desarrollo de software. En este artículo, se presenta una primera aproximación a la aplicación del modelado y simulación al proceso de Diseño Centrado en el Usuario, con el objetivo de ayudar a la comprensión y visualización de las características específicas de este proceso de desarrollo, que posibiliten la mejora del mismo y como consecuencia un incremento de la usabilidad de los sistemas.

**Palabras clave** Usabilidad, modelado y simulación del desarrollo de sistemas de interactivos, proceso de diseño centrado en el usuario.

---

\* Este trabajo está financiado parcialmente por los proyectos TIC 2003-369 y TIN 2004-06689-C03-03

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha producido un gran incremento en la cantidad de personas que usan y dependen de la Tecnología de la Información, lo que implica una demanda cada vez mayor de productos más usables. La usabilidad se está convirtiendo en un factor fundamental del éxito de un producto software siendo necesario que la industria del software comience a concienciarse de la necesidad de tener en cuenta la usabilidad desde las etapas tempranas del desarrollo de los sistemas, introduciendo una perspectiva centrada en el usuario.

En esta línea, se han planteado diferentes propuestas para el establecimiento de métodos, técnicas y herramientas con el objetivo de orientar a los desarrolladores sobre las actividades a seguir durante el proceso de desarrollo de software que garanticen un nivel de usabilidad previamente establecido. En [Ferré, 2004] se presenta un estudio de la integración de la usabilidad en el proceso de desarrollo de la Ingeniería del Software, analizando propuestas provenientes tanto del campo de la Ingeniería de la Usabilidad (IU) como del de la Ingeniería del Software (IS). En [Granollers, 2004] se recoge un resumen de algunos de los Modelos de Procesos propuestos por la IU para el desarrollo de Sistemas Interactivos así como una nueva propuesta de Modelo de Proceso Centrado en el Usuario que integra la IS, la Interacción Persona Ordenador (IPO) y la accesibilidad en el contexto de equipos de desarrollo multidisciplinarios.

El Modelo de Proceso presentado en el estándar internacional ISO 13407:1999 [ISO, 1999] establece un marco de referencia normativo que sirve de guía para garantizar la usabilidad en el desarrollo de sistemas interactivos incorporando el Diseño Centrado en el Usuario (DCU) durante el ciclo de vida del desarrollo [Bevan, 2003].

En este trabajo se presenta un enfoque consistente en la aplicación de las técnicas

de modelado y simulación dinámica al proceso de DCU. Más concretamente, se propone la utilización de modelos de simulación, inicialmente dinámicos, para la comprensión y mejora del proceso de DCU y su integración en el proceso de desarrollo de software. El apartado 2 realiza una descripción de los antecedentes de este trabajo que proceden de la aplicación de las técnicas de modelado y simulación al proceso de desarrollo de software y que avalan la utilidad de la aplicación de estas técnicas a la mejora del proceso de DCU. En el apartado 3, se exponen los conceptos de usabilidad y DCU para situar el ámbito del estudio y se comenta el modelo de proceso elegido para construir un modelo de simulación. En el apartado 4 se introduce el problema del modelado y simulación del proceso de DCU, el enfoque de simulación elegido y se describe el desarrollo del modelo y las partes que lo componen. El apartado 5 recoge los resultados de efectuar análisis de sensibilidad con las simulaciones del modelo construido. Finalmente, en el apartado 6 se exponen las conclusiones principales de esta propuesta y el trabajo futuro que se pretende desarrollar en esta línea.

## 2. ANTECEDENTES: MODELADO Y SIMULACIÓN DEL PROCESO SOFTWARE

La simulación del proceso de desarrollo de software se utiliza en la actualidad como una herramienta de ayuda en la resolución de problemas en distintas actividades. Entre estas actividades pueden citarse la gestión estratégica del desarrollo, la investigación de la mejora de los procesos o la formación en gestión de proyectos. El ámbito de aplicación de las técnicas de simulación se adapta a la naturaleza del problema que se trata de resolver abarcando desde aspectos muy concretos y específicos del ciclo de vida hasta rangos más complejos como el de la propia organización de desarrollo y las

diferentes versiones de un mismo producto software.

Dentro de una organización, se puede definir un *proceso* como una estructura lógica compuesta por personas, tecnología y prácticas organizadas en actividades diseñadas para la transformación de información, materiales o energía en productos finales concretos [Pall, 1987]. Un *proceso software* puede definirse, por tanto, como un conjunto de actividades, métodos, prácticas y transformaciones que las personas utilizan para desarrollar y mantener el software y sus productos asociados [Paulk, 1993].

Un *modelo* es una abstracción o representación simplificada de un sistema complejo que puede ser real o conceptual. Un modelo se diseña para mostrar ciertas características del sistema que se desean estudiar, predecir, modificar o controlar. Por tanto, un modelo incluye determinados aspectos, pero no todos, del sistema que se pretende analizar.

Un *modelo de simulación* es un modelo computacional que posee las características citadas anteriormente y que representa a un sistema dinámico. Los modelos de simulación ofrecen como principal ventaja la posibilidad de experimentar diferentes decisiones y analizar sus resultados en sistemas donde el coste o el riesgo de una experimentación real son prohibitivos. Por otro lado, la simulación permite el análisis de sistemas de una complejidad tan elevada que resultan imposibles de representar mediante modelos estáticos.

Entre las fuentes de complejidad más frecuentes en los sistemas reales podemos citar [Kellner, 1999]:

- Incertidumbre. Algunos sistemas se caracterizan por un grado elevado de incertidumbre. Los modelos analíticos cuentan con restricciones sobre el número y tipo de variables aleatorias que permitan modelar el riesgo y los distintos comportamientos del sistema asociados a dicha incertidumbre. Sin embargo, la simulación constituye un mecanismo mucho más flexible y, por

tanto útil, para capturar y modelar la incertidumbre.

- Comportamiento dinámico. Ciertos sistemas se caracterizan porque su comportamiento puede variar con el tiempo. Por ejemplo, algunas variables principales de los proyectos software como la productividad o la tasa de detección de errores toman valores diferentes conforme se avanza en el ciclo de vida. En casos como éstos, los modelos dinámicos facilitan el modelado y estudio de estas evoluciones. Las técnicas analíticas como la programación dinámica pueden dar lugar a problemas intratables cuando la complejidad del sistema es elevada. La simulación dinámica se presenta en este caso como una herramienta flexible que permite representar un amplio rango de estructuras e interacciones dinámicas.
- Realimentación. Hay sistemas en los que el comportamiento y decisiones tomadas en un instante determinado repercuten sobre la evolución del proceso de diversas maneras, directas o indirectas. Por ejemplo, en un proyecto de desarrollo de software, la decisión de contratar o no más personal tiene diferentes implicaciones sobre la evolución global del proyecto. Cuando las implicaciones son diversas y complejas, los modelos analíticos son inaplicables o no resultan útiles.

El objetivo común de los modelos de simulación consiste en proporcionar mecanismos para la experimentación, predicción del comportamiento, resolución de preguntas del tipo *¿Qué pasaría si ...?*, aprendizaje del sistema representado, entre otros.

Un aspecto fundamental que siempre hay que tener en cuenta al hablar de modelos será que éstos constituyen abstracciones del sistema real. Un modelo representará solamente algunos aspectos del proceso software; aquéllos que ha sido posible modelar o aquellos que resultan

especialmente relevantes para una organización.

Por regla general, los modelos se desarrollan a partir de una especificación visual o textual. Los modelos visuales (basados en diagramas e iconos) favorecen la comprensión del modelo y un desarrollo rápido aunque también requieren un componente textual que contiene la información de cómo se relacionan los componentes del modelo. Esta información toma la forma de ecuaciones.

Los entornos de simulación actuales ofrecen una serie de utilidades que permiten guardar los resultados de la simulación y aplicar herramientas para su análisis. De igual manera, una característica frecuente e interesante de dichos entornos es la posibilidad de realizar simulaciones interactivas donde el usuario tiene la posibilidad de modificar los valores de los parámetros de entrada durante la ejecución de la simulación del modelo.

Una simulación puede ser determinista estocástica o mixta. Una simulación será determinista cuando los valores de los parámetros de entrada sean valores simples, por ejemplo, el tamaño de una tarea es de 10 unidades funcionales. La simulación estocástica reconoce la incertidumbre inherente en muchos parámetros y relaciones. En vez de suministrar valores concretos para los parámetros, se utilizan valores aleatorios sorteados que siguen una distribución de probabilidad concreta. La simulación mixta emplea tanto parámetros deterministas como estocásticos.

En un modelo determinista puro, para cada conjunto de parámetros de entrada se requerirá únicamente una simulación. Cuando la simulación es estocástica o mixta, las variables resultantes tomarán valores diferentes en distintas simulaciones. En estos dos casos, los resultados se analizan de manera estadística (media, desviación, forma de la distribución, etc.).

Finalmente, es importante destacar el análisis de sensibilidad como una técnica valiosa dentro de las técnicas de simulación. Los análisis de sensibilidad

exploran los efectos sobre las variables resultantes de los distintos valores que algunos parámetros de entrada concretos toman de entre un rango de valores determinado. De esta manera, se facilita la determinación del rango posible de resultados esperado cuando hay incertidumbre en los parámetros de entrada. También permite identificar qué parámetros poseen un efecto más influyente sobre los resultados, por lo que deberán ser medidos y controlados con una mayor precisión.

Los modelos de simulación deben calibrarse y validarse de la manera más precisa posible. La validación se puede desarrollar mediante inspecciones del modelo, aunque resulta importante que los datos procedentes del sistema real se utilicen para validar y calibrar el modelo de manera empírica.

La precisión de los resultados de una simulación depende de la precisión de los valores de los parámetros de entrada. Por otro lado, la calibración de un modelo depende estrechamente de la medición precisa de los resultados observados en el sistema real, de ahí la importancia del desarrollo de un programa de recogida efectiva de métricas precisas cuando se utilizan modelos de simulación.

### **3. USABILIDAD Y DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO**

El término usabilidad se define en la norma ISO 9241-11 como “el grado en el que un producto puede ser utilizado por usuarios especificados para conseguir objetivos concretos con efectividad, eficiencia y satisfacción, en un determinado contexto de uso” [ISO, 1999].

La norma ISO 9241-11 explica que los beneficios de la usabilidad de los sistemas se miden fundamentalmente por el grado de consecución de los objetivos previstos en cuanto a utilización (efectividad), por los recursos empleados para alcanzar esos objetivos (eficiencia) y por el grado de

aceptación del producto por parte del usuario (satisfacción).

Se destaca que la usabilidad depende estrechamente del contexto de uso, es decir de un entorno de trabajo y unos usuarios concretos y que por tanto no es una cualidad inherente al software. De esto se deduce, que para desarrollar un producto usable no es suficiente con aplicar sistemáticamente determinadas directrices generales o guías de usabilidad, sino que es preciso aplicar un proceso de DCU que permita integrar al usuario en el desarrollo desde las fases iniciales del mismo y de ese modo conocer ampliamente el contexto de uso.

El Diseño Centrado en el Usuario es un enfoque para el diseño de sistemas interactivos que trata específicamente de lograr que los sistemas sean más usables a través de la incorporación del usuario en el proceso de desarrollo.

Existen diferentes propuestas de procesos de DCU, pero podemos considerar que la incorporación de un enfoque centrado en el usuario se caracteriza por [ISO, 1999]:

- La participación activa de los usuarios así como una comprensión clara de los requisitos del usuario y de la tarea.
- Una asignación clara de funciones entre los usuarios y la tecnología.
- La iteración de las soluciones de diseño.
- Un equipo de diseño multidisciplinar.

Entre los beneficios de la aplicación de Procesos de DCU se pueden incluir:

- Reducción de los costes de producción. Los costes y el tiempo de desarrollo se pueden reducir evitando el sobrediseño y reduciendo el número de cambios posteriores sobre el producto.
- Incremento de la productividad de los usuarios y de la eficiencia operativa de las organizaciones.
- Mejora de la calidad del producto y su atractivo para los usuarios dando lugar a una ventaja competitiva.
- Se realizan sistemas más fáciles de usar y de aprender lo cuál reduce los costes

de asistencia técnica, formación y mantenimiento.

- Aumenta la satisfacción del usuario reduciendo las molestias y el estrés.

### **3.1. Modelo de Proceso Centrado en el Usuario**

Como se ha comentado, existen diferentes propuestas metodológicas, provenientes de distintas disciplinas (IU e IS) para el desarrollo de sistemas interactivos basadas en el enfoque centrado en el usuario. Todas estas propuestas tratan de guiar a los desarrolladores en la manera de proceder organizadamente para lograr la usabilidad de un sistema interactivo durante el desarrollo del mismo, aunque la forma en la que se realiza la integración de las propuestas IPO (Interacción Persona-Ordenador) en los Modelos de Procesos de la IS sigue siendo objeto de investigación hoy día.

El presente trabajo se centra en el modelo de proceso desarrollado en el estándar internacional ISO 13407:1999 [ISO, 1999] por ser considerado el marco de referencia básico en el desarrollo de procesos centrados en el usuario por parte de la comunidad IPO. No está ligado a ningún método existente, proporciona un complemento a cualquier método de diseño y establece una perspectiva general centrada en el usuario que puede integrarse en diferentes procesos de desarrollo, de acuerdo con cada contexto en particular. Todas las actividades de diseño que plantea son aplicables, en mayor o menor medida, a cada una de las etapas del desarrollo de un sistema, aunque previamente a su aplicación debe establecerse la planificación del proceso centrado en el usuario. En dicha planificación debe indicarse, entre otras cuestiones, el procedimiento para la integración de estas actividades en el resto de las actividades de desarrollo del sistema (por ejemplo análisis, diseño y evaluación), procedimiento que dependerá en cada caso del proyecto en cuestión pero que debe permitir siempre la iteración. No obstante, el estándar no

especifica cómo debe ser dicha integración. En la figura 1 se pueden observar las diferentes actividades del proceso de DCU y la interdependencia entre ellas. El proceso describe cuatro actividades principales de diseño centradas en el usuario: comprender y especificar el contexto de uso, especificar los requisitos del usuario y de la organización, producir soluciones de diseño y evaluar los diseños respecto a los requisitos. El proceso implica la iteración de estas actividades hasta que el sistema satisfaga los requisitos especificados.

Los métodos y técnicas a emplear en cada actividad así como la inversión a realizar en cada una de ellas dependerán del tamaño y tipo de producto que se pretenda desarrollar. A continuación se comentan brevemente cada una de las actividades de DCU que contempla el proceso:

1. Comprensión y especificación del contexto de uso. Se deben identificar las características de los usuarios potenciales, las tareas que estos van a desarrollar así como el entorno en el cual el sistema se va a utilizar.
2. Especificación de los requisitos del usuario y de la organización respecto a la descripción del contexto de uso. Se deben fijar los objetivos identificando los compromisos y prioridades entre los diferentes requisitos.
3. Producción de soluciones de diseño. A partir de los conocimientos existentes procedentes de equipos multidisciplinares, se deben llevar a cabo las soluciones de diseño concretas

utilizando algún tipo de prototipado. Estos prototipos se presentan a los usuarios y se recoge la información de retorno a partir de la cual se realiza la modificación del diseño. Este proceso se repite hasta alcanzar los objetivos especificados.

4. Evaluación de los diseños respecto a los requisitos. La evaluación debe estar presente durante todo el ciclo de vida con la intención de proporcionar un retorno de información que contribuya a mejorar el diseño, también determinará si se han alcanzado los objetivos especificados y verificará el uso a largo plazo del producto.

#### 4. DESARROLLO DEL MODELO DE SIMULACIÓN PARA EL PROCESO DE DCU

##### 4.1. Motivación y Definición del Problema

Aunque, como se ha comentado, se han realizado esfuerzos de investigación en el desarrollo de modelos de simulación orientados a la mejora del proceso software, así como a aspectos de calidad del software, no se ha encontrado en la literatura consultada ninguna aplicación de las técnicas de modelado y simulación al proceso de DCU ni a la mejora de la usabilidad de los sistemas interactivos.

La problemática que conlleva la integración de aspectos de usabilidad en el proceso de desarrollo de software nos ha

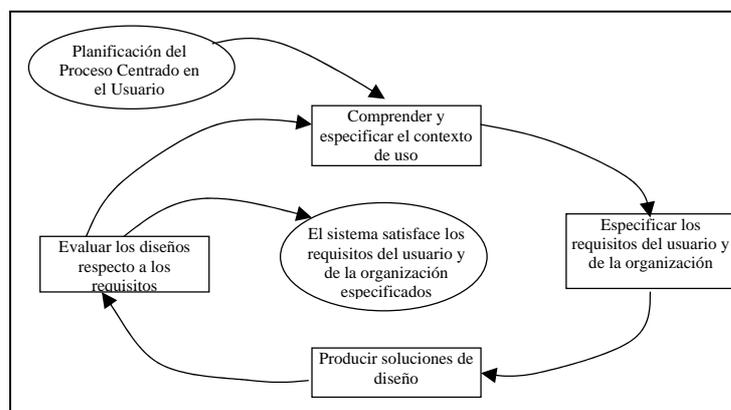


Fig. 1. Interdependencia de las actividades de Diseño Centradas en el Usuario [ISO, 1999]

llevado a desarrollar una primera aproximación a la aplicación de las técnicas de modelado y simulación al proceso de DCU. El modelo desarrollado pretende simular el comportamiento de las principales actividades del proceso de diseño centrado en el usuario dentro del ciclo de vida del software considerando las siguientes fases del ciclo de vida en cascada: análisis, diseño y evaluación por considerar que son las fases de desarrollo principalmente afectadas por la usabilidad [Ferré, 2004].

El objetivo principal del presente trabajo es el desarrollo de un modelo preliminar que sirva para ayudar a la comprensión y mejora del proceso de DCU y a su integración en el proceso global de desarrollo de software que redunde en una mejora de la usabilidad de los sistemas. Para modelar y simular el proceso de DCU se ha elegido el modelo de proceso establecido en la norma ISO 13407:1999 [ISO, 1999] y comentado anteriormente.

## 4.2. Enfoque de Simulación

Existen varios enfoques de modelos de simulación aplicables al estudio de los diferentes aspectos del proceso software. Entre ellos se pueden destacar dos enfoques principales: el modelado continuo y el modelado discreto.

El enfoque de simulación continua se basa en la teoría de Dinámica de Sistemas. Es útil cuando los sistemas contienen variables que cambian de manera continua con el tiempo. El modelo continuo de un proceso representa las interacciones entre los factores clave de éste como un conjunto de ecuaciones diferenciales donde el tiempo se incrementa paso a paso.

El enfoque de simulación discreto se basa en los sistemas de colas. En el modelado de eventos discretos el tiempo avanza en una simulación del modelo cuando sucede un evento discreto.

Dado que el propósito de este estudio es modelar los mecanismos del proceso DCU,

se ha elegido para ello el enfoque de simulación continua.

## 4.3. Desarrollo del Modelo

Para desarrollar el modelo, se ha supuesto que el proceso de DCU se integra en un ciclo de vida de desarrollo clásico en el cuál se tienen en cuenta las actividades de análisis, diseño y evaluación. Tal y como indica el estándar ISO 13407:1999 [ISO, 1999] todas las actividades del proceso de DCU deben ser consideradas durante el ciclo de vida completo y estarán representadas en el mismo, en mayor o menor medida. Se ha considerado el estudio de la evolución de las tareas realizadas en cada una de las actividades de DCU dentro de cada una de las fases del ciclo de vida de desarrollo en las cuales las actividades de usabilidad tienen relevancia, de este modo es posible simular y visualizar gráficamente el comportamiento de las actividades de DCU durante el desarrollo de software y su importancia relativa en cada una de las fases del mismo.

En la figura 2 se puede observar el diagrama de flujos y niveles simplificado del modelo desarrollado.

Cada una de las actividades de DCU del proceso descrito en [ISO, 1999] se ha representado como una variable de nivel. El número de tareas que es necesario desarrollar en cada actividad dependerá de la fase de ciclo de vida en la que el proyecto se encuentre. Como simplificación del modelo, se ha considerado un parámetro de entrada, fase de ciclo de vida, que indica si nos encontramos en la fase de Análisis, Diseño o Evaluación. En función de dicha constante los valores iniciales para las diferentes actividades de DCU variarán. Estos valores iniciales son representados por las variables:

- Tamaño inicial de contexto de uso.
- Tamaño inicial de requisitos requerido.
- Tamaño inicial de diseño requerido.
- Tamaño inicial de evaluación requerida.

Las variables de nivel representan el número de tareas que se desarrollan en cada una de las actividades de DCU y son las siguientes:

- Contexto de uso especificado.
- Requisitos del usuario especificados.
- Soluciones diseñadas.
- Soluciones de diseño evaluadas.

Cuando se completa un determinado porcentaje de tareas en una actividad, la siguiente actividad podrá comenzar a realizarse. Inicialmente, este porcentaje se ha considerado independiente de la fase de ciclo de vida y se establece a través de una serie de parámetros de entrada. Estos parámetros a su vez actúan sobre las variables auxiliares, detalladas a continuación, que controlan el inicio de las actividades activando los flujos correspondientes cuando el número de tareas desarrollado satisface el porcentaje de tareas establecido como necesario para poder pasar a la siguiente actividad:

- Contexto de uso necesario.
- Requisitos de usuario necesarios.
- Soluciones necesarias.

El flujo de trabajo fluye aplicando una tasa de desarrollo entre un nivel y el siguiente. La tasa de desarrollo dependerá inicialmente de la productividad y la dedicación del personal asignado a cada una de las actividades de DCU, y en este modelo preliminar, se han considerado constantes. Las variables de flujo son las siguientes:

- Tasa de especificación de contexto de uso.
- Tasa de especificación de requisitos.
- Tasa de especificación de diseño.
- Tasa de evaluación.
- Tasa de revisión: Esta tasa se verá afectada también por un parámetro de entrada que corresponderá al porcentaje de tareas evaluadas que necesitan ser reelaboradas.

La finalización de las actividades viene determinada por las siguientes variables auxiliares, que detienen el flujo de tareas cuando el número de tareas desarrolladas en una actividad llega al valor inicial especificado de tareas que es necesario realizar en dicha actividad, considerándose dicha actividad completada:

- Especificación de contexto de uso terminada.
- Especificación de requisitos terminada.
- Diseño de soluciones terminado.
- Evaluación de soluciones terminada.

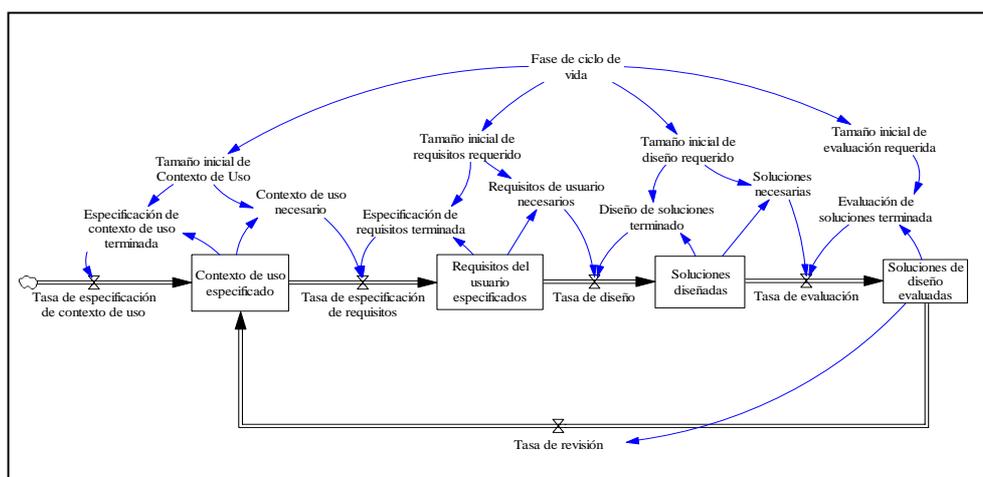


Fig. 2. Diagrama de flujos y niveles simplificado

- Diseño de soluciones terminado.
- Evaluación de soluciones terminada.

Según indica el estándar ISO 13407:1999 [ISO, 1999] previamente a la aplicación del proceso de DCU debe hacerse la planificación del mismo para especificar cómo las actividades centradas en el usuario encajan en el proceso global de desarrollo. En el modelo desarrollado, se identifica dicha integración a través de la inicialización de los parámetros correspondientes con el número de tareas de DCU que deben realizarse en cada actividad, dependiendo de la fase del ciclo de vida.

La información para inicializar los parámetros del modelo, así como para dirigir la evolución del mismo, se ha derivado parcialmente de las investigaciones llevadas a cabo en [Ferré, 2003] y [Granollers, 2004]. La distribución de las tareas de DCU en el ciclo de vida, que refleja el escenario que se ha supuesto para la simulación se detalla en la tabla 1. Variando los valores anteriores de los parámetros de entrada es posible experimentar y visualizar el efecto que estos cambios tienen sobre el comportamiento y los resultados del modelo.

## 5. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

El modelo ha sido implementado utilizando la herramienta de desarrollo VensimPLE®.

Con el objetivo de ilustrar las ventajas desde el punto de vista de la investigación con este tipo de modelos, analizaremos el efecto que los cambios en los valores de los parámetros de entrada tienen sobre las variables de nivel del modelo.

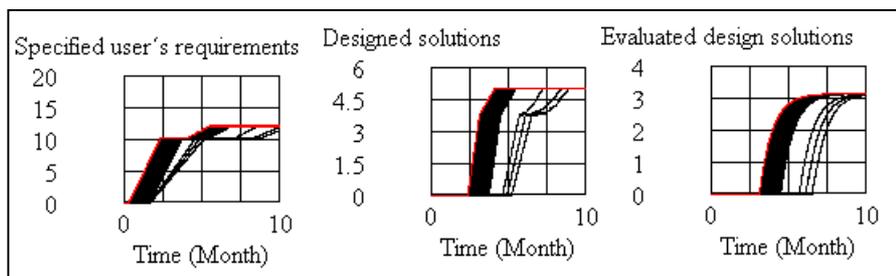
Las siguientes figuras muestran los resultados de llevar a cabo análisis de sensibilidad sobre diferentes parámetros.

Los resultados aquí mostrados corresponden a la realización de doscientas simulaciones de la fase de análisis en las que el parámetro que mide el porcentaje de tareas de especificación de contexto de uso que son necesarias realizar antes de que pueda comenzar la siguiente actividad toma valores en el intervalo  $[0,2 - 1]$  de acuerdo con una distribución aleatoria uniforme.

La figura 3 muestra los efectos de estas variaciones en el comportamiento de las variables de nivel del modelo de simulación que reflejan el desarrollo de tareas de cada una de las actividades del proceso. Cada línea negra corresponde con un valor de la simulación de sensibilidad realizada. La línea roja representa a la simulación en la que el parámetro bajo estudio toma el valor 1.

**Tabla1.** Distribución de porcentaje de tareas de DCU en el ciclo de vida

	<b>Análisis</b>	<b>Diseño</b>	<b>Evaluación</b>
<b>Especif. Contexto</b>	12	5	2
<b>Especif.</b>	12	5	2
<b>Requisitos</b>			
<b>Soluciones Diseño</b>	5	20	2
<b>Evaluación Usab.</b>	10	10	15

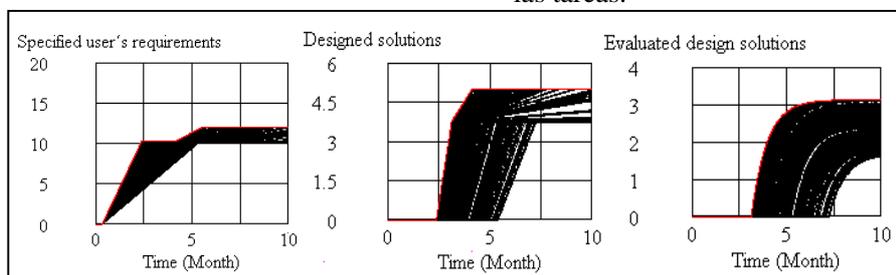


**Fig 3 .-** Ejemplo de análisis de sensibilidad en el que el parámetro %especificación de contexto de uso varía en el intervalo [0,2 - 1]

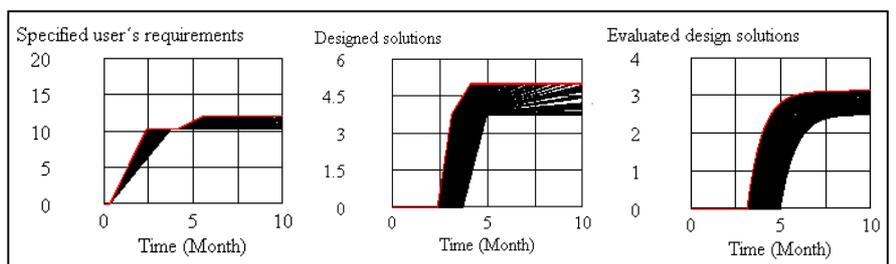
En las simulaciones obtenidas, puede verse que las actividades posteriores a la especificación de requisitos de usuario se ven considerablemente retrasadas conforme el porcentaje de tareas de especificación de contexto de uso se ve incrementado.

De igual manera, se han desarrollado otros tres experimentos adicionales de doscientas simulaciones cada uno, en los que el parámetro variable corresponde al nivel de dedicación del personal dedicado a la especificación de contexto de uso.

Las figuras 4, 5 y 6 muestran el efecto que la variación en la dedicación del personal a la actividad de especificación de contexto de uso tiene sobre el desarrollo de las posteriores tareas de la fase de análisis. Las simulaciones del modelo muestran que un decremento en la dedicación afecta seriamente al principio y al fin de las actividades posteriores. Los resultados sugieren que el valor de dicho parámetro debe estar comprendido en el intervalo [0,85 - 1] para que se pueda garantizar el desarrollo de las tareas.



**Fig 4-** Ejemplo de análisis de sensibilidad en el que la dedicación del personal a la especificación de contexto de uso varía en el intervalo [0,4 -1]



**Fig 5-** Ejemplo de análisis de sensibilidad en el que la dedicación del personal a la especificación de contexto de uso varía en el intervalo [0,6 -1]

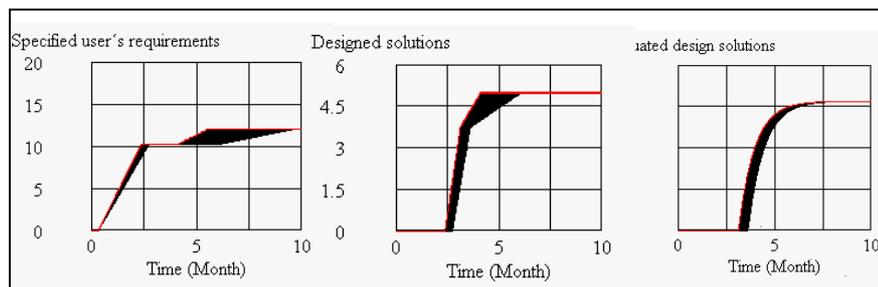


Fig 6- Ejemplo de análisis de sensibilidad en el que la dedicación del personal a la especificación de contexto de uso varía en el intervalo [0,85 -1]

## 6. CONCLUSIONES

En este trabajo se han presentado los resultados de un nuevo enfoque consistente en la aplicación de técnicas de modelado y simulación de sistemas dinámicos al proceso de DCU. Concretamente, se ha desarrollado un modelo dinámico, para visualizar el comportamiento de las actividades de DCU en el ciclo de vida de desarrollo de un sistema software. Para modelar el proceso de DCU se ha seguido el modelo de proceso descrito en el estándar ISO 13407:1999 [ISO, 1999] por ser una referencia señalada en el área de la IPO.

Como conclusión principal, el presente trabajo pretende justificar la utilidad que las técnicas de modelado y simulación, ya validadas en otros paradigmas de desarrollo de software, pueden aportar a la comprensión y mejora del proceso de DCU, estableciendo un punto de partida para su aplicación en este ámbito. Las líneas de trabajo futuras están orientadas a la profundización de la aplicación de las técnicas de modelado y simulación a la integración del DCU en el desarrollo de software, así como a la identificación de las características especiales de los procesos DCU que permitan modelar los aspectos concretos que afectan a la usabilidad de los sistemas interactivos tanto durante el proceso de desarrollo como en las evaluaciones del producto final una vez que se realiza su implantación. Asimismo, se trabajará en el modelado y simulación de los efectos que la consideración de la usabilidad

tiene sobre determinadas áreas clave de los proyectos software.

## REFERENCIAS

- Bevan, N., 2003. UsabilityNet Methods for User Centred Design. Human-Computer Interaction: theory and Practice (volume 1). Lawrence Erlbaum Associates.
- Ferré X., Moreno A.M., 2004. Integración de la IPO en el Proceso de Desarrollo de la Ingeniería del Software: Propuestas existentes y temas a resolver. Actas de Interacción 2004. Universidad de Lleida.
- Granollers T., 2004. MPLu+a, Una Metodología que integra la Ingeniería del Software, La Interacción Persona Ordenador y la accesibilidad en el Contexto de equipos de desarrollo Multidisciplinares. Tesis Doctoral. Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos. Universidad de Lleida.
- ISO 13407:1999. Human-centred design processes for interactive systems. International Standard Organization.
- Kellner, MI., Madachy, RJ., Raffo, DM., 1999. Software process simulation modeling: Why? What? How? Journal of Systems and Software. Vol. 46, No. 2/3, 91-105.
- Pall, G., 1987. Quality process management. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Paulk, M., Garcia, S.M., Chrissis, M.B., Bush, M., 1993. Key practices of the capability maturity model, Version 1.1. Technical Report CMU/SEI-93-TR-25.

Revista de Procesos y Métricas de las Tecnologías de la Información (RPM)  
VOL. 2, N° 1, Marzo 2005, 17-28  
Asociación Española de Sistemas de Informáticos (AEMES)

ISSN: 1698-2029

Software Engineering Institute, Carnegie  
Mellon University, Pittsburg, PA.