

# Aplicación del Modelado y Simulación de Sistemas Dinámicos al Proceso de Diseño Centrado en el Usuario

Nuria Hurtado<sup>1</sup>, Mercedes Ruiz<sup>1</sup>, Jesús Torres<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos  
Escuela Superior de Ingeniería. Universidad de Cádiz  
C/Chile nº 1. 11003 - Cádiz (España)

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

<sup>2</sup> Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos  
ETS de Ingeniería Informática. Universidad de Sevilla  
Avda. Reina Mercedes s/n - Sevilla (España)  
jtorres@lsi.us.es

**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.

## 1 Introducción

Durante mucho tiempo, en el desarrollo de Sistemas Interactivos se ha olvidado la importancia de la usabilidad de dichos sistemas, relegando ésta exclusivamente a actividades de evaluación del producto final. Esto puede ser debido por un lado al hecho de basar el desarrollo de los sistemas fundamentalmente en la tecnología disponible y por otro, a la relación errónea que los desarrolladores han establecido entre usabilidad y apariencia de la interfaz de usuario en cuanto a sus características estéticas. Como consecuencia, se han desarrollado sistemas con un deficiente nivel de usabilidad, que se traduce en una disminución en el grado de aceptación de los mismos debido a la frustración que los usuarios pueden llegar a sufrir al interactuar con ellos. Es importante tener en cuenta que la usabilidad de un sistema, no sólo está ligada a la apariencia de la interfaz de usuario sino principalmente al modo en el que

el usuario puede utilizar el sistema, es decir a la interacción con el mismo, y por tanto está relacionada con la estructura general del sistema y con la lógica del negocio [3].

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, y es 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 [4] 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 [5] 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 [6] 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 [2]

Sin embargo, a pesar de los beneficios económicos y sociales que permite obtener el DCU, la industria del software aún se muestra reacia a utilizar los Modelos de Procesos propuestos por la IU. Muchas organizaciones de desarrollo de software desean aumentar el nivel de usabilidad de sus productos pero no están dispuestas a cambiar completamente su proceso de desarrollo hacia un proceso iterativo y centrado en el usuario. A continuación, se exponen una serie de conclusiones extraídas de los estudios realizados en [3], [4] y [5] que pueden motivar el que las organizaciones de desarrollo de software no apliquen ninguna aproximación metodológica que incluya la usabilidad en todo el ciclo de desarrollo de software:

- Los modelos propuestos, implican un cambio radical en el proceso, que los ingenieros de software no creen suficientemente justificado.
- Los modelos propuestos por la IU son complejos de entender y de aplicar.
- Los directivos de las organizaciones software creen que la usabilidad no está económicamente justificada.
- Existen diferencias de conceptos y terminología entre ambas disciplinas (IS e IU).
- No existe una integración adecuada de las actividades de usabilidad en el proceso de desarrollo de la Ingeniería del Software.

Las técnicas de modelado y simulación se consideran herramientas valiosas para la mejora de procesos en diversas áreas de la ingeniería. La principal ventaja que

ofrecen los modelos de simulación es la posibilidad de experimentar diferentes decisiones y analizar sus resultados en sistemas donde el coste o el riesgo de una experimentación real son prohibitivos. Desde principios de la década de los 90 se ha elaborado varios y diversos modelos de simulación para dar respuesta a distintas cuestiones relacionadas con el proceso de desarrollo de software [8].

Los problemas expuestos anteriormente relacionados con la adopción de procesos Centrados en el Usuario por parte de las organizaciones de software, nos llevan a pensar en la utilidad, ya probada en otros ámbitos de la IS, de la aplicación de las técnicas de modelado y simulación al Proceso Centrado en el Usuario. Los modelos de simulación de este tipo de proceso pueden servir como herramienta de ayuda a la comprensión y mejora del mismo y de sus características especiales, a la visualización de su comportamiento, al refuerzo de la motivación hacia el cambio en el proceso de desarrollo por parte de las organizaciones y a la experimentación de los efectos de la integración de la usabilidad en el proceso de desarrollo de la ingeniería del software que posibiliten la mejora del proceso y del producto.

En este artículo se presenta una primera aproximación a la aplicación de las técnicas de modelado y simulación 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. En el apartado 2, 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 3, se realiza una breve revisión de las aportaciones de la aplicación de los modelos de simulación del proceso software que avalan la utilidad de la aplicación de estas técnicas a la mejora del proceso de DCU. 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, las partes que lo componen y los primeros resultados de la simulación. El apartado 5 recoge las conclusiones principales de esta propuesta y el trabajo futuro que se pretende desarrollar en esta línea.

## **2 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” [7].

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 [6]:

- 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.

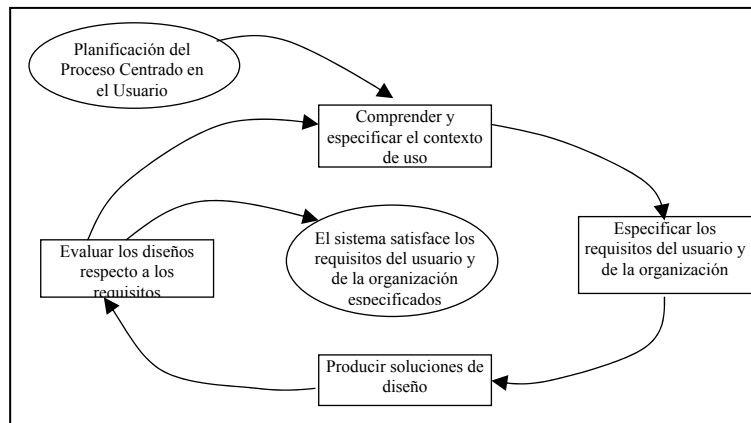
Entre los beneficios de la aplicación de Procesos de DCU se pueden incluir:

- 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.

## **2.1 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 [6] 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.



**Fig. 1.** Interdependencia de las actividades de Diseño Centradas en el Usuario [6]

Los métodos y técnicas a emplear en cada actividad así como la inversión a realizar en cada una de ellas dependerá 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.

### **3. Modelado y Simulación del Proceso Software**

Las técnicas de modelado y simulación se consideran herramientas valiosas para la mejora de procesos en diversas áreas de la ingeniería. Existen numerosas razones para aplicar la simulación al proceso software. En este ámbito, actualmente se utiliza como una herramienta de ayuda a la resolución de problemas en distintas actividades, entre las que 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 [8].

#### **3.1 Modelado y simulación para la mejora del proceso software**

La simulación puede ayudar en el proceso de toma de decisiones en los aspectos relacionados con la mejora del proceso porque permite predecir el efecto que tendría un cambio en el proceso antes de que éste se produzca.

En este ámbito, tiene gran importancia el modelo dinámico presentado en [9] que es, junto con el modelo original de Abdel-Hamid [1], uno de los modelos dinámicos que representa con un mayor nivel de detalle todo el proceso de desarrollo de software. En [9] se describe un modelo para mostrar el efecto de realizar inspecciones formales sobre el coste, plazo y calidad de los proyectos. Así mismo, en [10] se propone la utilización de los modelos de simulación para predecir, cuantitativamente, el impacto de los cambios en los procesos.

La mayoría de los modelos de simulación más recientes están especialmente diseñados y orientados hacia la evaluación de los resultados de diferentes medidas de mejora de procesos. Se han desarrollado varios modelos en el ámbito del modelo CMM (Capability Maturity Model) entre los que cabe destacar los modelos propuestos en [11] y en [12]. En [11] se describe la aplicación de un modelo para predecir el rendimiento del proceso software en términos de esfuerzo, personal, plazo y calidad del producto. En [12] se desarrolla un marco dinámico integrado para la mejora de los procesos software (DIFSPI, Dynamic Integrated Framework for Software Process Improvement). Ofrece una metodología y un entorno de trabajo que combina las ventajas de los métodos tradicionales y de la dinámica de sistemas y que permite, tanto a los directores de proyectos como a los miembros del grupo de mejora de la organización (SEIG, Software Engineering Improvement Group), diseñar y evaluar nuevas mejoras del proceso software.

## **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 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[3].

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 [6] 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 [6] 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.

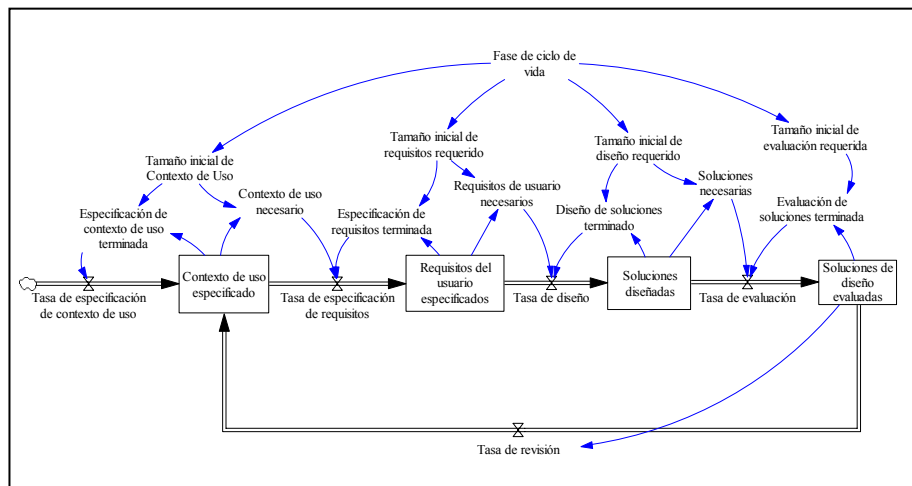


Fig. 2. Diagrama de flujos y niveles simplificado

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 [6] 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.

Según indica el estándar ISO 13407:1999 [6] 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 [3] y [5]. 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.

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

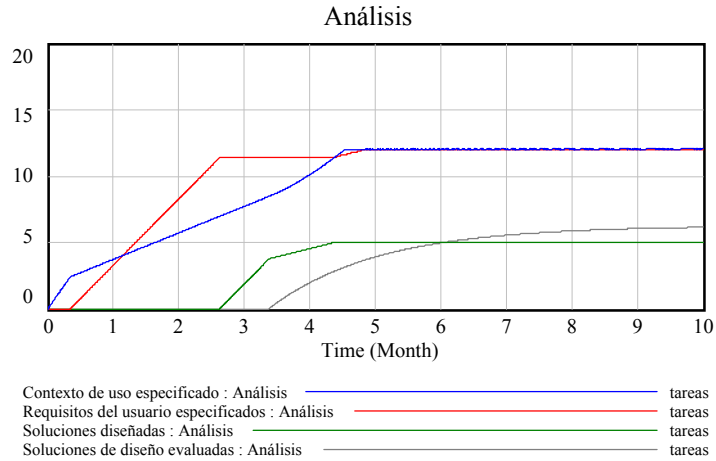
Variando los valores anteriores de los parámetros de entrada es posible experimentar y visualizar el efecto que estos cambios tienen sobre el comportamiento y los resultados del modelo.

#### **4.4 Primeros resultados de la simulación**

El modelo ha sido implementado utilizando la herramienta de desarrollo VensimPLE<sup>®</sup>. En las figuras 3, 4 y 5 se puede observar el comportamiento de las actividades de DCU en cada una de las fases del ciclo de vida de desarrollo de un proyecto software: análisis, diseño y evaluación respectivamente<sup>1</sup>. Es posible observar que los resultados obtenidos reproducen el comportamiento esperado desde un punto de vista cualitativo.

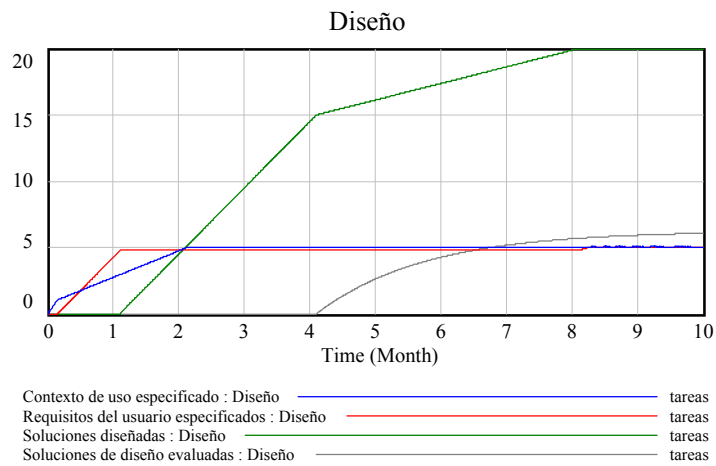
---

<sup>1</sup> Si no se dispone de una visualización en color del presente documento pueden identificarse las líneas de las figuras por el orden en el que se realizan las actividades en el proceso de DCU.



**Fig 3.** Resultados para la fase de Análisis

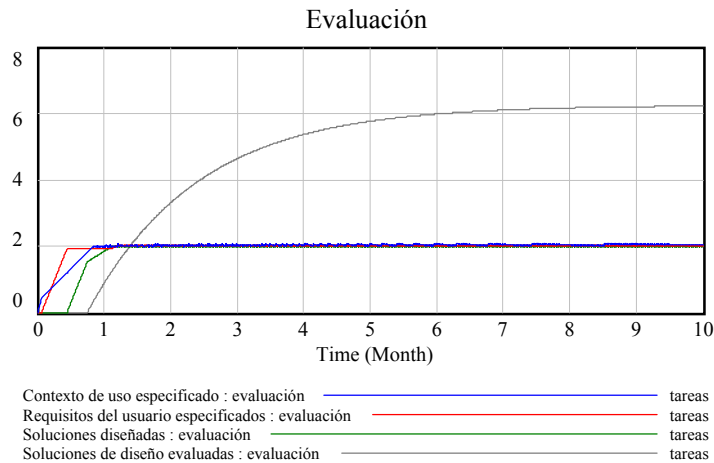
En la figura 3 comprobamos que todas las actividades de DCU están involucradas en la fase de Análisis, se puede observar que las actividades de Especificación del Contexto de uso así como Especificación de requisitos de usuario tienen un mayor grado de importancia en esta fase inicial del ciclo de vida. La curva correspondiente al Diseño de soluciones corresponde a los prototipos de las primeras soluciones de diseño realizadas, que posteriormente deben ser evaluadas en esta misma fase.



**Fig 4.** Resultados para la fase de Diseño

La figura 4, muestra los resultados para la fase de diseño. Es posible observar que la actividad Diseño de soluciones tiene una relevancia destacada en esta fase del ciclo de vida, en relación con el resto, ya que el número de tareas de diseño que se

deben realizar es mayor en esta fase que en otras del ciclo de vida y las actividades de diseño comienzan a realizarse antes en comparación con otras fases.



**Fig 5.** Resultados para la fase de Evaluación

En las etapas finales del ciclo de vida, como es el caso de la fase de evaluación, adquiere gran importancia la evaluación de la usabilidad final respecto al resto de actividades de DCU, comenzando a realizarse en los momentos iniciales de esta fase como muestra la figura 5.

Es importante destacar que la curva correspondiente a la evaluación de las soluciones se mantiene presente en todas las fases de desarrollo lo que permite comprobar la especial importancia que tiene esta actividad del Proceso de DCU en el ciclo de vida de desarrollo de un proyecto software.

## 5. Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo se han presentado los resultados iniciales de la primera aproximación a 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 [6] 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.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen a la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología la subvención de esta investigación a través de los proyectos TIC 2003-369 y TIC 2001-1143-C03-02.

### **Referencias**

1. Abdel-Hamid, T., Madnick, S.,. Software project dynamics: An integrated approach. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. 1991.
2. Bevan, N.,. UsabilityNet Methods for User Centred Design. Human-Computer Interaction: theory and Practice (volume 1). Lawrence Erlbaum Associates. 2003.
3. Ferré, X., Incrementos de Usabilidad al Proceso de desarrollo Software. Actas de las VIII Jornadas Ingeniería del Software y Bases de Datos, JISBD2003.Alicante, noviembre de 2003.
4. Ferré X., Moreno A.M., 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, Mayo de 2004.
5. Granollers T., MPLu+a, Una Metodología que integra la Ingeniería del Software, La Interacción Persona Ordenador y la accesibilidad en el Contexto de equipos de desarrollo Multidisciplinarios. Tesis Doctoral. Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos. Universidad de Lleida. 2004.
6. ISO 13407:1999. Human-centred design processes for interactive systems. International Standard Organization, 1999.
7. ISO 9241-11:1998 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)- Part 11: Guidance on usability.1998.
8. Kellner, MI., Madachy, RJ., Raffo, DM., Software process simulation modeling: Why? What? How? The Journal of Systems and Soft-ware, 46 (2/3), 91-105.1999.
9. Madachy, R., A software project dynamics model for process cost, schedule and risk assessment. Ph.D. Dissertation. University of Southern California, Los Angeles, CA.1994.

10. Raffo, D., Modeling software processes quantitatively and assessing the impact of potencial process changes on process performance. Ph.D. Dissertation. Graduate School of Industrial Administration, Carnegie Mellon University, Pittsburg, PA. 1996.
11. Raffo, D., Kellner, MI., Chapter 16. Modeling software processes quantitatively and evaluating the performance of process alternatives. En El Eman, K., Madhavji, N. (Eds.), Elements of software process assessment and improvement. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA. 1999.
12. Ruiz M., Modelado y Simulación para la Mejora de los Procesos Software. Tesis Doctoral. Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos. Universidad de Sevilla, 2003.