

## ESTIMACIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS BAJO ENTORNOS ERP

Raquel González Fernández

*HP Enterprise Services*

Joaquín Villanueva Balsera

José Manuel Mesa Fernández

Roberto Álvarez Alonso

*Universidad de Oviedo*

### Abstract

Information Systems Projects are exposed to different kinds of risks which are not only technical ones. There are also management and methodological factors or those related to human resources which may cause serious project deviations. This is usually due to unexpected problems at initial stages of IT projects, considering then an increase in the number of changes or adaptations, which mean significant delays and cost increases. Therefore, an adequate risk management of the project is essential to reduce the occurrence of those problems and minimize their consequences. In this study the specific characteristics of the IT projects in ERP systems (Enterprise Resource Planning) are analyzed from the perspective of risk management, opposite to the typical IT projects. For the research, projects data from ISBSG repository (International Software Benchmarking Standards Group) will be taken as reference.

**Keywords:** *ERP (enterprise resource planning); IT projects; risk management; ISBSG (International Software Benchmarking Standard Group)*

### Resumen

El desarrollo de un proyecto de sistemas de información está sometido a multitud de riesgos y amenazas de diversa naturaleza que no son únicamente de tipo técnico, sino que factores de gestión, metodológicos y otros relacionados con las personas, provocan habitualmente graves desviaciones respecto a las expectativas iniciales. Dichas desviaciones se deben a la aparición durante el desarrollo del proyecto de imprevistos o problemas no detectados en las fases iniciales de análisis y que plantean la necesidad de cambios o adaptaciones que finalmente conducen a fuertes retrasos, incrementos de coste o variaciones en las funcionalidades previstas. Por tanto, una adecuada gestión del riesgo del proyecto es imprescindible para disminuir la aparición de estos problemas y minimizar sus consecuencias. En este estudio se analizan, desde el punto de vista de la gestión del riesgo, las características específicas de los proyectos software en entornos ERP (Enterprise Resource Planning) frente a los proyectos software de carácter general. Para su realización se tomará como referencia del estudio la información procedente del repositorio ISBSG (International Software Benchmarking Standards Group).

**Palabras clave:** *ERP (enterprise resource planning); proyectos software; gestión del riesgo, ISBSG (International Software Benchmarking Standard Group)*

## 1. Introducción

Los proyectos software en unos porcentajes muy elevados no se completa en los plazos asignados, ni de acuerdo con el presupuesto, y por lo tanto fracasa. Comparándolo con otros tipos de proyectos hay más de una razón por la cual se producen estos fracasos. Una razón de esta diferencia puede ser la falta de un diseño detallado, en 1986 Alfred Spector, presidente de Transarc Corporation comparó los proyectos software con la construcción de puentes Spector y Gifford, (1986) y determinó como principales diferencias que el diseño de un puente permanece inalterable y no admite cambios, las especificaciones se mantienen a lo largo del proyecto, otra diferencia es que cuando un puente se cae, se investigan las causas y se acumulan para otras futuras construcciones, mientras que en el desarrollo software los fracasos se ocultan y no se obtiene el beneficio producido por las lecciones aprendidas.

La gestión de riesgos en proyectos de software pretende identificar y eliminar, en la medida de lo posible las fuentes de riesgo antes de que comiencen a amenazar el éxito o la finalización exitosa de un proyecto.

La implantación de un ERP es un proyecto software con ciertas características especiales, se trata de proyectos complejos, a los que las empresas destinan elevados presupuestos en busca de ventajas competitivas, y que tienen un componente de proyecto software, pero también otra componente que implica el rediseño de los procesos de negocio para adaptarlos al nuevo sistema.

En esta comunicación vamos a analizar cómo afectan estas diferencias entre proyectos software y proyectos ERP a la gestión de los riesgos.

## 2. Sistemas ERP

ERP son las siglas de Enterprise Resource Planning que podría traducirse como planificación de recursos empresariales. Se denomina con estas siglas a un sistema software comercial que permite la gestión integrada de varios procesos de negocio de la empresa.

Los ERPs son una evolución de los MRP Material Resource Planning, sistemas de planificación de la producción y gestión de stocks utilizados en los años 70. Estos sistemas estaban enfocados a la planificación de materiales y capacidades productivas de empresas de fabricación.

La gestión de los materiales consiste en disponer del material suficiente en el momento apropiado para realizar una tarea, pero también supone un nuevo activo en el balance de la empresa y una deuda pendiente con el proveedor. Por tanto, después de integrar compras con fabricación, la siguiente evolución fue integrar en el mismo sistema la información financiera. Estos sistemas, desarrollados en los años 80, se denominaron MRP II (Material Resource Planning).

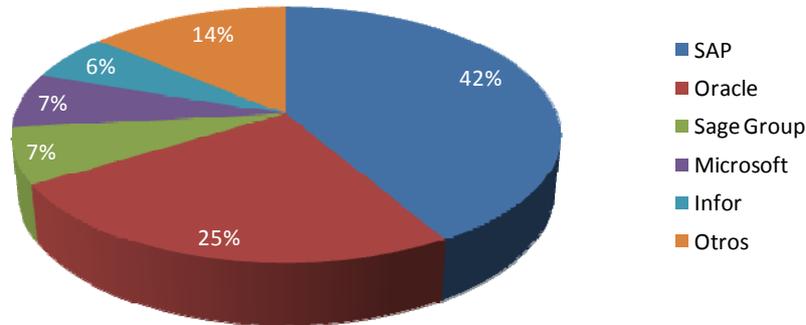
Los ERPs empezaron a popularizarse en 1994 de la mano de SAP y de su producto SAP R/3, en los años siguientes las empresas comenzaron a implantar los ERPs ofertados por SAP y por sus competidores Baan, J.D.Edwards, Oracle,...

En el 2002 la penetración de los ERP en el mercado era de un 67% y el 15% de las empresas que no tenían un ERP estaban planificando implementar uno en los próximos 12 meses (Scott & Shepherd, 2002).

El beneficio total del mercado de ERPs creció hasta los 28 billones de dólares en 2006 y las previsiones para el 2011 son de un beneficio de 47.7 billones.

Los principales proveedores de ERPs actualmente son SAP, Oracle, Sage Group, Microsoft e Infor, entre los cinco se reparten el 87% del beneficio total por venta de licencias.

Figura 1: Principales compañías ERP



Los ERPs están organizados en módulos como pueden ser compras, producción, ventas, recursos humanos,... cada uno de ellos se identificaría con uno de los procesos de la empresa y se ocupa de su gestión. Estos módulos comparten una base de datos común, que permite que puedan compartir y transferir información libremente, de esta manera la empresa dispone de información integrada de todos los procesos evitando la duplicidad innecesaria de datos que puede ser fuente de errores. Esta estructura modular facilita la posibilidad de implantar el sistema de forma progresiva, en sucesivas etapas.



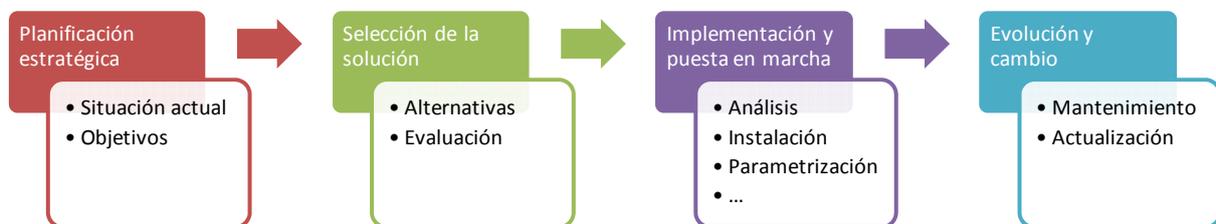
Figura 2 Módulos habituales de un sistema ERP

Una empresa puede tener distintos sistemas software para la gestión de cada una de las áreas de su negocio, que estos funcionen muy bien y sus posibilidades de crecimiento sean adecuadas, pero la intercomunicación entre distintos sistemas es siempre complicada. Al tener un único sistema para varios procesos, este sistema puede ofrecer información confiable, precisa e integrada de los procesos de la empresa, lo que puede permitir una integración total de todas las operaciones, con el fin de gestionar adecuadamente cada una de las áreas de la empresa.

En un proyecto de implantación de un ERP es posible distinguir las siguientes fases (Figura 3):

- Planificación estratégica: en la que se evalúa la situación actual de la empresa, sus objetivos a medio y largo plazo y se toma la decisión de implantar un sistema ERP.
- Selección de la solución ERP: considerando las necesidades y objetivos de la empresa así como las distintas alternativas existentes en el mercado se evalúan las distintas posibilidades y se selecciona un determinado sistema ERP.
- Implementación y puesta en marcha: es un proyecto software complejo y presenta las fases habituales aunque con ciertas particularidades que se analizarán posteriormente.
- Evolución y cambio: una vez en funcionamiento los sistemas ERP requieren, como cualquier sistema software cambios y actualizaciones para adaptarse a las nuevas necesidades. Pueden considerarse las implantaciones de nuevos módulos o la modificación de los existentes.

**Figura 3: Etapas de implantación de un ERP**



Como se ha indicado anteriormente, la fase de implantación de un sistema ERP es un proyecto software con ciertas características distintivas:

- Mientras que los proyectos software tradicionales se adaptan desde la etapa de diseño a las necesidades específicas de cada organización, en el caso de los sistemas ERP se trata de aplicaciones que deben ser parametrizadas para permitir esta adaptación, y en su implantación, a veces son los propios procesos de la empresa u organización los que deben de ser adaptados a la herramienta. La parametrización de un ERP es un aspecto crucial, largo y costoso de la implementación de sistemas ERP (Gefen, 2002).
- Otra peculiaridad de los proyectos ERP es que se trata de proyectos complejos; la media de duración de un proyecto ERP es de entre 6 meses y 2 años y la media de coste alrededor de un millón de dólares. La razón principal de esta complejidad es que un proyecto ERP implica además de los componentes de software componentes de negocio, lo que, a su vez puede originar problemas organizacionales, además de problemas técnicos (Aloini, Dulmin & Mininno, 2007).

Se han encontrado sustanciales diferencias entre un ERP proyecto y un proyecto software (Bingi, Sharma & Godla, 2001).

Una implantación de un ERP no es tan solo un proyecto software, ya que implica una reorganización de los procesos de negocio. Los ERPs no son únicamente un sistema software, afectan al comportamiento mismo del negocio. Cómo una empresa implementa un sistema ERP determina si éste se convierte en una ventaja competitiva o en un problema corporativo.

### 3. Riesgos en proyectos software

La guía PMBOK (PMI, 2008) define al proyecto como un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para obtener un producto, servicio o resultado específico. Asimismo, define al riesgo como un evento o condición de cuyo acaecimiento no se tiene certeza y que, en caso de ocurrir, tendría un efecto positivo o negativo en al menos uno de los objetivos del proyecto.

La gestión de riesgos en proyectos de software pretende identificar, estudiar y eliminar las fuentes de riesgo antes de que comiencen a amenazar el éxito o la finalización con éxito de un proyecto de desarrollo de software. Según el modelo propuesto por el PMBOK la Gestión de los Riesgos del Proyecto engloba varios aspectos: la dirección de riesgos incluye los procesos relacionados con la planificación de la gestión de riesgos, la identificación y el análisis de riesgos, las respuestas a los riesgos, y el seguimiento y control de riesgos de un proyecto.

Un riesgo puede tener una o más causas y, si se produce, uno o más impactos.

Algunos de los modelos de gestión del riesgo en proyectos más difundidos son:

- A Guide to the PMBoK (Project Management Body of Knowledge) del Project Management Institute (PMI, 2008)
- PRINCE2 (Projects in Controlled Environments) (Prince2, 2005)
- La norma ISO 10006:2003 Quality management systems - Guidelines for quality management in projects (ISO10006:2003)

Adicionalmente, existen varios métodos o procedimientos de gestión del riesgo en proyectos del ámbito específico de los sistemas de información:

- MAGERIT, Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información desarrollada por el Consejo Superior de Administración Electrónica.(MAGERIT, 2006)
- El Capability Maturity Model Integration for Development (CMMI-DEV) (SEI CMMI, 2006) del Software Engineering Institute (SEI) de la Carnegie Mellon University.
- Modelo de Boehm (1988) o modelo en espiral modelo basado en reducción del riesgo.

Aunque con algunas variaciones según la metodología empleada las principales etapas de la gestión de riesgo son:

- Identificación de riesgos: consiste en la determinación de los riesgos que pueden afectar al proyecto.
- Análisis del riesgo: los riesgos previamente identificados son clasificados mediante su agrupación, filtrado y asignación de prioridad
- Evaluación: se valora la probabilidad de ocurrencia de cada defecto y la gravedad de su impacto.
- Tratamiento: selección de una o varias acciones para la modificación del riesgo y la implementación o modificación de los controles
- Seguimiento: el proceso debe ser monitorizado para asegurar que los controles son efectivos, obtener información adicional, detectar cambios e identificar riesgos emergentes.



Figura 4 Etapas de gestión de riesgo

Los proyectos de tecnologías de información tienen un alto nivel de fracasos, según el informe CHAOS 2009 realizado por Standish Group International, el 32% de los proyectos son un éxito (definiendo como éxito proyectos entregados en tiempo, en presupuesto, con las funcionalidad planificada); 44% se entregaron con retraso, sobrecoste o con menos funciones de las requeridas; y el 24% fueron cancelados antes de su finalización o entregados pero nunca se llegaron a usar.

La gestión de riesgos en proyectos de software pretende identificar, estudiar y eliminar las fuentes de riesgo antes de que comiencen a amenazar el éxito o la finalización con éxito de un proyecto de desarrollo de software.

Henderson y Beaumont (2003) realizaron una recopilación de la literatura relativa a la gestión del riesgo en proyectos de tecnología de la información y comunicaciones. Distinguían entre lo que denominaban causas de fallo y riesgos.

Entre las principales causas de fallo en los proyectos, detectadas por diversos autores, identificaban las siguientes:

- Falta de experiencia.
- Tamaño del proyecto.
- Responsabilidades opacas.
- Planificación deficiente.
- Caso de negocio débil.
- Relación técnica coste-beneficio débil.

Entre los principales riesgos identificaban:

- Falta de participación del usuario.
- Diferente visión por parte de usuarios y desarrolladores en cuanto a los entregables del proyecto.
- Requisitos del usuario poco claros o demasiado genéricos.
- Falta de apoyo de la dirección.
- Falta de experiencia previa con el sistema.
- Impacto impredecible, incapacidad para entender la aceptación del nuevo sistema.
- Problemas técnicos que disparen los costes debido a una falta de comprensión del nuevo sistema.

Como ya se ha comentado se han encontrado sustanciales diferencias entre un ERP proyecto y un proyecto software, los ERPs no son únicamente un sistema software, afectan al comportamiento mismo del negocio. Cómo una empresa implementa un sistema ERP determina si éste se convierte en una ventaja competitiva o en un problema corporativo.

Tras una revisión de la literatura Aloini, Dulmin y Mininno, (2007) identifican 19 riesgos relevantes en proyectos ERP. Agrupados en las categorías que se identifican en (Huang et al., 2004), son los siguientes:

- Adecuación a la organización
  - Escasa implicación de la dirección: La implantación de un sistema que exige un rediseño de los procesos de negocio necesita contar con el apoyo y la implicación de la dirección.
  - Falta de implicación de los usuarios clave: Para alcanzar los objetivos es imprescindible que los usuarios claves estén convencidos de la utilidad del sistema y que ayuden en las sesiones de formación.
  - Conducta de la dirección inadecuada: La dirección debe tener una visión de negocio que establezca los objetivos y el modelo de tras el proyecto, y asegurar un plan de formación para el uso del sistema finalizado.
  - Rediseño de procesos de negocio inadecuado: Se necesita un análisis detallado de los procesos de negocio y su rendimiento para priorizar las actividades que deben ser soportadas por el ERP.
  - Estrategia y planificación corporativas inadecuadas: La organización debe decidir porqué un sistema ERP debe ser implementado y que objetivos de negocio debe cumplir.
  - Inadecuada gestión financiera: Los sistemas ERP suponen una importante inversión, y su justificación económica y financiera debe ser anterior a su instalación, porque un análisis erróneo de los costes puede afectar a la implantación del sistema.
- Formación y habilidades
  - Falta de experiencia, conocimientos del equipo: Es necesario formar un equipo que tenga expertos internos y externos, competencias de gestión, conocimientos técnicos y un profundo conocimiento de los procesos.
  - Formación inadecuada: Una falta de formación y conocimiento de cómo la aplicación cambia los procesos de negocio por parte de los usuarios es responsable de muchos problemas de implantación.
- Dirección de proyectos y control
  - Sistema de comunicación no efectivo: Se necesita un sistema de comunicación efectivo entre todos los actores
  - Técnicas de dirección de proyecto inadecuadas: Inadecuadas técnicas de dirección de proyectos afectan significativamente al desarrollo del proyecto ERP. La dirección del riesgo es un proceso vital en la dirección de proyecto.
  - Servicios de consultoría ineficaces/ineficientes: La participación de consultores externos es habitual para proyectos ERP, y éstos juegan un rol importante en la disminución del riesgo.
  - Pobre liderazgo: Un liderazgo fuerte y comprometido puede contribuir al éxito del proyecto software.

- Inadecuada dirección de los cambios: Subestimar el esfuerzo necesario para la dirección de los cambios puede provocar el fracaso del proyecto, sobre todo en las etapas iniciales.
- Diseño del sistema Software
  - Arquitectura compleja y un alto número de módulos a implementar: El número de módulos a implementar incrementa la complejidad del proyecto.
  - Sistema TI inadecuado: Los aspectos técnicos del sistema resultado deben estar acordes con las necesidades de la organización, debe cubrir todas las funcionalidades, que sea escalable, modular, etc.
  - Inadecuada estabilidad y rendimiento del sistema TI: Un sistema ERP requiere nuevos módulos y actualizaciones de versiones, el sistema sobre el que se realicen estas nuevas implantaciones o actualizaciones debe ser estable y no tener problemas de rendimiento.
- Planificación tecnológica
  - Selección inadecuada: Cuanto mejor sea el proceso de selección de ERP mayores las probabilidades de éxito
  - Gestión de los sistemas antiguos inadecuada: La fase de transición al nuevo sistema es una fase crítica en la implantación.
  - Mantenimiento inadecuado del sistema: El sistema resultante debe permitir el mantenimiento del mismo.

#### **4. Identificando datos de ERPs en ISBSG**

Para el desarrollo del trabajo se utiliza un conjunto de datos recogidos por el International Software Benchmarking Standards Group (ISBSG), que recoge información extraída de la ejecución de más de 3.000 proyectos. El ISBSG representa a 12 asociaciones de métricas y TI en 11 países.

Los datos recogidos por ISBSG conforman un repositorio obtenidos de proyectos en organizaciones de distintos tamaños e industrias y distintos tipos de aplicaciones. Se trata de datos validados por la organización, actuales (principalmente posteriores a 2001), independientes y fiables.

El primer paso del estudio consiste en identificar, en el conjunto de más de 3.000 casos, los proyectos ERP frente al resto de proyectos software. Para realizar esta identificación se analizan distintos campos que hacen referencia al tipo de tecnología utilizada en el proyecto, ya que no existe información que distinga directamente unos de otros.

Los campos analizados son los siguientes:

- Tipo de aplicación que se está desarrollando en el proyecto.
- Parametrización de un paquete, indica si el proyecto es la adaptación de un paquete.
- Plataforma de desarrollo
- Tipo de lenguaje
- Lenguaje principal de desarrollo.
- Principal tecnología hardware utilizada.

## 5. Análisis de indicadores de riesgo en ISBSG

Teniendo en cuenta los factores de riesgo enumerados anteriormente se identifican y analizan aquellos parámetros recogidos en ISBSG que están relacionados con dichos indicadores.

En relación a aquellos factores de riesgo relativos a la comunicación entre los participantes, la implicación de la dirección y de los usuarios clave se identifica el atributo denominado "Intended Market" que describe la relación entre los clientes, los usuarios y el equipo de desarrollo. Este atributo es de tipo categórico en el que se clasifican los distintos tipos de relaciones entre los participantes en el proyecto software. Para su representación y estudio sólo se han utilizado las seis categorías más representativas.

En la Figura 5 se compara la frecuencia de cada una de estas categorías, distinguiendo entre proyectos ERP y proyectos software de carácter general. Se puede observar que el tipo de relación más común en los proyectos software de tipo general es "In-house for internal business unit", es decir, desarrollos o proyectos dentro de la propia organización para unidades de negocio internas. Sin embargo, en el caso de los proyectos específicos ERP la categoría más habitual es "Outsourced for internal business unit" (externalización de unidades de negocio) seguido de "Customer & users 1 org, team in another" el cliente y los usuarios finales pertenecen a la organización promotora del proyecto mientras que el equipo de desarrollo pertenece a una empresa externa.

**Figura 5: Relación entre los clientes, los usuarios y el equipo de desarrollo**

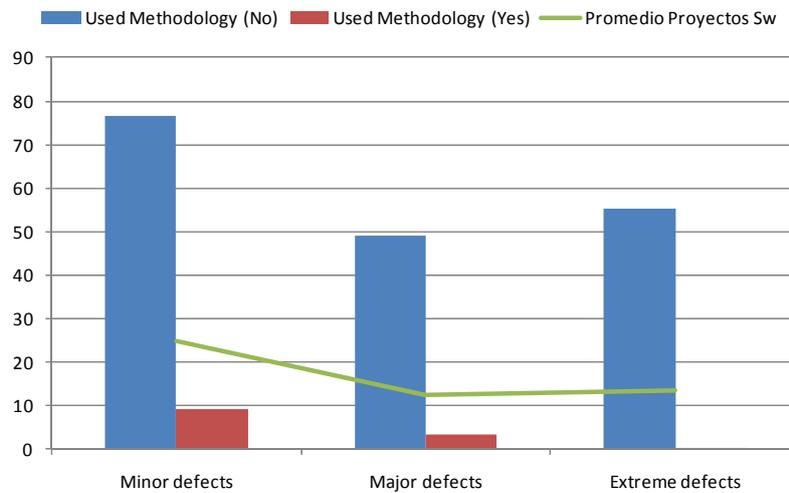


Se observa que los proyectos generales de software son resultado de desarrollos internos realizados por unidades propias de la organización, mientras que los de tipo ERP son resultado de outsourcing o externalización de un servicio.

Dentro de la base de datos ISBSG se recoge información al número de defectos y al impacto provocado por los mismos. Esta información, relativa al impacto se recoge en los atributos "Minor defects", "Major defects" y "Extreme defects".

Por otra parte el uso de metodologías adecuadas de desarrollo del proyecto debería disminuir la aparición de estos errores, reduciendo de esta forma el riesgo del proyecto. A este respecto se dispone en ISBSG de un atributo de tipo booleano denominado "Used Methodology". Si se compara la ocurrencia de cada tipo de defecto con la utilización de metodologías (Figura 6), se confirma esta hipótesis.

**Figura 6: Utilización de metodologías de desarrollo**

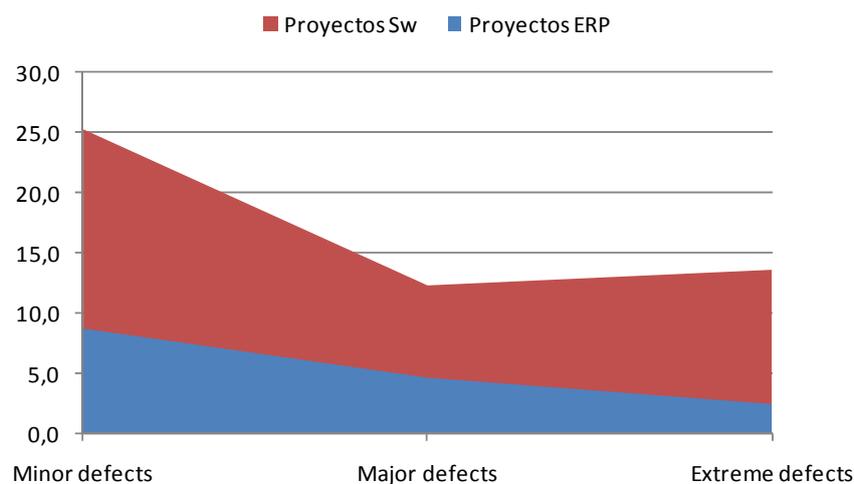


En la Figura 7 se ha representado el comportamiento medio de cada uno de los impactos independientemente de la utilización de metodologías. Se puede observar que el valor medio de la ocurrencia de los impactos es mucho menor en el caso de los proyectos que usan metodología.

Comparando la frecuencia de los distintos tipos de defectos según el tipo de proyecto se observa que el valor medio en el caso de los proyectos ERP es sensiblemente inferior a los proyectos software en general.

Se categorizan los defectos en leves, graves y críticos (minor, major y extreme) atendiendo a la funcionalidad del sistema afectada y la criticidad de la misma. Se consideran críticos, por ejemplo, aquellos defectos que bloquean la actividad de al menos un área de negocio, graves aquellos que afectan a uno de los procesos críticos de un área de negocio, y leves aquellos cuyo impacto es localizado.

**Figura 7: Promedio de ocurrencia de impacto según el tipo de proyecto**



Habitualmente en los proyectos software se produce una gran cantidad de defectos leves (Minor defects), un menor número de defectos graves (Major defects) y un considerable número de críticos (Extreme defects). Este perfil contrasta con el observado en los

proyectos ERP donde la tendencia es decreciente desde los defectos leves hasta los críticos.

El número de defectos críticos se reduce con respecto a los proyectos software por que en la implantación de un ERP una gran parte de la funcionalidad se basa en código proporcionado por el propio ERP, código ya probado y depurado.

Paralelamente, al partir de un sistema complejo ya desarrollado que debemos adaptar, la interconexión de los desarrollos a medida con el sistema existente generan una cantidad importante de defectos leves.

## 6. Conclusiones

Como en todo proyecto software en los proyectos ERP es necesario una adecuada gestión de riesgos cuyas particularidades se han revisado en este trabajo. Las principales conclusiones de este estudio serían:

- Se revisan y categorizan los riesgos más frecuentes en el desarrollo de proyectos en entornos ERP.
- La base de datos ISBSG no recoge información relativa determinados factores de riesgos en proyectos ERP identificados.
- El uso de metodologías reduce la probabilidad de aparición de defectos, independientemente del tipo de proyectos.
- El empleo de sistemas ERP reduce la ocurrencia de defectos, especialmente los de carácter crítico.
- El tipo de relación habitual entre los participantes del proyecto (clientes, usuarios y equipo de desarrollo) es distinto en el caso de los proyectos ERP frente a los proyectos de carácter general.

## 7. Referencias

- Alba, Carlos. (2008) Predicción y clasificación del nivel de riesgo en proyectos de sistemas de información. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo.
- Aloini Davide, Dulmin Riccardo & Mininno Valeria (2007). Risk management in ERP project introduction: Review of the literature. *Information and management*, 44, 547-567
- Bingi, Prasad, Sharma, Maneesh K., Godla, Jayanth K. (2001) Critical issues affecting an ERP implementation. *Information Systems Management*. 16 (3), pp. 7–14.
- Boehm, Barry W. (1988) A Spiral Model of Software Development and Enhancement. *Computer Vol. 21, Issue 5*, pp 61-72. IEEE Computer Society.
- Software Engineering Institute (SEI) de la Carnegie Mellon University. (2006) Capability Maturity Model Integration for Development (CMMI-DEV).
- David Gefen, (2002) Nurturing clients' trust to encourage engagement success during the customization of ERP systems. *Omega-International Journal of Management Science* 30 (4), 287–299
- Susan Henderson, Nicholas Beaumont (2003) Literature review – Managing information and communication technology project risk., Working Paper Series. June 2003 Monash University.

- Shi-Ming Huang, I-Chu Chang, Shing-Han Li & Ming-Tong Lin, (2004). Assessing risk in ERP projects: identify and prioritize the factors. *Industrial Management & Data Systems* Volume 104 · Number 8 · pp. 681–688
- ISO10006. International Standardization Organization. (2003).
- ISBSG International Software Benchmarking Standards Group, (2004) Data repository, Release 9, 2004.
- CSAE Consejo Superior de Administración Electrónica (2006) MAGERIT – versión 2 Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información, Catálogo general de publicaciones oficiales.
- Project Management Institute, Inc. (PMI), (2008) A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBok Guide), Fourth Edition.
- PRINCE2 (Projects in Controlled Environments) que actualmente es también propiedad de la OGC, Prince2 Guide (2005).
- Scott, F., Shepherd, J., (2002) The steady stream of ERP investments. AMR Research Alert, August 26.
- Alfred Spector, David Gifford, (1986) A computer science perspective of bridge design, *Communications of the ACM*, 29 , Issue 4 pp. 267 - 283

**Correspondencia** (Para más información contacte con):

Universidad de Oviedo. Área de Proyectos de Ingeniería.  
Phone: + 34 985 10 42 72  
Fax: + 34 985 10 42 56  
E-mail: [gestion@api.uniovi.es](mailto:gestion@api.uniovi.es)  
URL: [www.api.uniovi.es](http://www.api.uniovi.es)