

## Ingeniería de Software para Sistemas Distribuidos. Experiencias en la Gestión, Desarrollo e Implantación de Sistemas.

Patricia Pesado<sup>(1,2)</sup>, Rodolfo Bertone<sup>(1)</sup>, Pablo Thomas<sup>(1)</sup>, Luciano Marrero<sup>(1)</sup>, Ariel Pasini<sup>(1)</sup>, Lisandro Delia<sup>(1)</sup>, Nicolás Galdamez<sup>(1)</sup>, Eduardo Ibañez<sup>(1)</sup>, Cesar Estrebou<sup>(1)</sup>, Alejandra Ripodas<sup>(1)</sup>, Verónica Aguirre<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)  
Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata  
50 y 120 La Plata Buenos Aires

<sup>(2)</sup>Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)  
526 e/ 10 y 11 La Plata Buenos Aires

{ppesado, pbertone, pthomas, lmarrero, apasini, ldelia, ngaldamez, eibanez, cesarest, aripodas, vaguirre}@lidi.info.unlp.edu.ar

### Resumen

Este trabajo presenta la continuidad de la línea de investigación que el Instituto desarrolla. El objetivo principal es estudiar temas relacionados con la gestión, desarrollo, implementación y puesta en producción de proyectos de Sistemas Distribuidos, considerando las extensiones necesarias en las metodologías y herramientas utilizadas en el proceso de Ingeniería de Software orientando el trabajo principalmente a cubrir las necesidades de empresas productoras de software de pequeña y mediana envergadura.

**Palabras claves:** Sistemas Distribuidos – Ingeniería de Software - Ingeniería de Requerimientos – Gestión de Proyectos – Gestión de Riesgo - Metodologías de Desarrollo – Sistemas Web – E-Government

### Contexto

Esta línea de Investigación se enmarca en los proyectos “Tecnología y Aplicaciones en Sistemas de Software Distribuidos. Experiencias en E-learning, E-government y Sistemas Productivos” (2010-2013) y “Tecnologías para Sistemas de Software Distribuidos. Calidad en Sistemas y Procesos. Escenarios educativos mediados por TICs” (2014-2017) del Instituto de Investigación en Informática LIDI de la Facultad de Informática, acreditados por el Ministerio de Educación; también se enmarca en los proyectos subsidiados por la Facultad de Informática y en proyectos específicos

apoyados por diversos organismos. En particular el subproyecto “Métodos y procesos para la gestión de Sistemas de Software Distribuidos. Aplicaciones” y el Proyecto “Gestión de Riesgos. Metodología para la administración del riesgo en proyectos de software orientados a PyMEs” apoyado por la Facultad en el período 2013-2014.

### Introducción

La gestión de un proyecto de software se centra en tres conceptos principales: personal involucrado, el problema a resolver y el proceso que permitirá arribar a una solución efectiva y eficaz. Para lograr éxito en la construcción de un sistema de software es necesario: una buena gestión de personal, establecer los objetivos y ámbito del proyecto y definir un proceso que se pueda aplicar en el contexto del problema y que sirva como guía general a la resolución del problema. Esta línea de trabajo tiene entre sus objetivos profundizar en el área de gestión de procesos, buscando alternativas que maximicen la productividad y eficiencia de los métodos que una empresa PyME productora de software pueda utilizar.

Un sistema distribuido consiste en un conjunto de computadoras conectadas por una red y con soporte de software distribuido, que permite coordinar las actividades y compartir recursos, de manera que el usuario percibe una única facilidad de cómputo integrado,

aunque ésta puede estar implementada por varias máquinas en distintas ubicaciones [1].

La Ingeniería de Software comprende la aplicación de principios científicos para generar una solución elaborada de software que resuelva un problema determinado, y el mantenimiento subsecuente de ese sistema de software hasta el final de su vida útil [2]. La utilización de estas prácticas para resolver Sistemas Distribuidos hace necesaria su adaptación en función de las características de dichos sistemas. [6]

Existen diversos modelos de procesos que permiten generar software exitoso. Sin embargo, algunas actividades son comunes para todos ellos: 1) especificación 2) diseño e implementación, 3) validación y 4) evolución del software. Todas estas actividades bajo un hilo conductor de calidad que permite generar productos acorde con las necesidades del mercado. La adopción de un enfoque de ingeniería para el desarrollo de software, genera una serie de fases o estados conformando un ciclo de vida. Este ciclo de vida está guiado por una planificación que incluye el conjunto de acciones a realizar, y los productos generados por la aplicación del plan (inclusive el mismo plan) están administrados por diferentes Metodologías de Gestión y Desarrollo [3].

En el recorrido del ciclo de vida del desarrollo del software, la fase inicial incluye a la Ingeniería de Requerimientos que permite comprender, documentar y acordar sobre el alcance del problema, teniendo esto impacto directo sobre la Planificación y la Gestión del Proyecto de acuerdo a la Metodología de desarrollo seleccionada para el mismo [4]. Este no es el único impacto que justifica el énfasis en la Ingeniería de Requerimientos, ya que esta disciplina permite establecer claramente *que, porque, en que contexto*, a quien está dirigido y como va a ser utilizado, posponiendo el *cómo* a etapas posteriores en el ciclo de vida, constituyendo el fundamento de la construcción de un Sistema de Software [5].

Un modelo de desarrollo lo constituyen los denominados métodos ágiles. El desarrollo

ágil de software es un marco de trabajo conceptual de la ingeniería de software que promueve iteraciones en el desarrollo a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. Existen diversos métodos de desarrollo ágil; la mayoría minimiza riesgos desarrollando software en cortos lapsos de tiempo. Los métodos ágiles enfatizan las comunicaciones cara a cara en vez de la documentación. También enfatizan que el software funcional es la primera medida del progreso. Los principios esenciales del desarrollo ágil son: participación del cliente, entrega incremental, focalización en personas más que en procesos, aceptar el cambio y mantener la simplicidad como meta para cada iteración.

Asociado con la Ingeniería de Software de Sistemas Distribuidos, está el problema de utilizar un entorno WEB para los servicios que ofrece el Sistema. El desarrollo de arquitecturas centradas en un servidor (o un conjunto de servidores distribuidos) que ofrecen una interfaz WEB a los usuarios, ha generado un importante desarrollo en la investigación de metodologías y herramientas orientadas a Sistemas WEB, así como ha generado la necesidad de establecer nuevas métricas y parámetros de aseguramiento de la Calidad para tales Sistemas [7] [8] [9].

Un tema de estudio relacionado es la Gestión del Proyecto. Esta incluye a todas las etapas tempranas que permiten definir los Requerimientos del Software, pero además permiten definir cuestiones como: calendario (planificación temporal de actividades y recursos), Gestión de Riesgos y Estimación de Esfuerzo en el desarrollo de Sistemas de Software. En particular interesa generar un estudio relacionado con la Gestión de Riesgos inherente a cualquier proyecto de software [13][14].

A partir del subproyecto de Calidad que desarrolla el Instituto, varios integrantes de esta línea de investigación participaron activamente en la definición de COMPETISOFT como alternativa de gestión de Calidad para la pequeña y mediana industria productora de software [10]. En esta etapa se observó que la mayoría de las

empresas consultadas presentaban un déficit en la gestión de riesgos relacionados con el proyecto. De los casos estudiados, la mayoría no tenía en cuenta riesgos y, por ende, los trataba de manera reactiva, y las pocas organizaciones que tenían en cuenta el riesgo se limitaban a analizar pocas situaciones con planes de contingencia generalmente difíciles o imposibles de implementar.

Una gestión de riesgo efectiva primero identifica las situaciones potenciales que pueden enfrentar un proyecto, tipifica posteriormente los riesgos y los evalúa en cuanto a impacto y probabilidad de ocurrencia. El tercer paso consiste en establecer una línea de corte, que permite separar los casos complejos de aquellos poco probables o de incidencia mínima en el proyecto. Aquellos riesgos complejos son analizados en detalle y se establecen para su tratamiento planes de mitigación y contingencia. Así, el seguimiento de riesgos durante el ciclo del vida del proyecto consiste en evaluar las situaciones analizadas y observar si determinados parámetros muestran signos de desvíos [17] [18].

En general y como se indicó anteriormente, las PyMEs productoras de software desechan esta actividad tratando los riesgos de manera reactiva [11] [12]. Consultados los casos de estudio, una de las principales razones radica en que generar un plan de riesgo resulta complejo, lento, e insume costos que las PyMEs no pueden asumir.

Como parte de esta línea de investigación, se pretende definir una alternativa para la gestión de riesgo que se pueda aplicar de forma simple y efectiva, permitiendo a aquellas organizaciones que buscan afianzar la calidad, contar con un entorno que cubra su falencia.

Además, como complemento del trabajo anterior, se pretende estudiar los casos de riesgo más comunes presentes en la PyMEs, analizar su incidencia y plantear alternativas de mitigación y contingencia aplicables a diferentes entornos. De esta forma, una organización que comience con la gestión de riesgo podrá contar con una *baseline* de

planificaciones aplicables en su contexto.[15][16]

En esta línea de investigación interesa particularmente la temática de E-Government. El desarrollo de las TICs ha permitido la generalización de aplicaciones que potencian la vinculación del ciudadano con el Estado, de modo de mejorar la gestión de la información de interés social [23][24][25].

El gobierno electrónico consiste en el uso de las tecnologías de la información y el conocimiento en los procesos internos de gobierno en la entrega de los productos y servicios del Estado tanto a los ciudadanos como a la industria.

Se basa principalmente en la implantación de herramientas como portales, redes sociales o comunidades virtuales y otras, buscando una mejora en la eficiencia y eficacia de los procesos internos y de vinculación con la sociedad.

El gobierno electrónico describe el uso de tecnologías para facilitar la operación de gobierno y la distribución de la información y los servicios del mismo. Se debe proporcionar al exterior información acerca de sí mismo y los procesos que lleva a cabo. El nivel de transparencia mide el esfuerzo para hacer disponible la información a través de su sitio web. La transparencia no se refleja sólo en la cantidad de información; también en la calidad de la misma. Por otro lado, la interactividad mide el grado de facilidad con la que los usuarios pueden acceder a la información proporcionada por el gobierno y utilizarla. Esto no sólo implica el uso de la información digital, sino también la transacción de servicios en un sentido eminentemente práctico.

El gobierno electrónico debe centrarse en la inclusión de los ciudadanos de una manera participativa a través de las tecnologías de la información y la comunicación.

Al concepto clásico de E-Government que se ha enfocado en poner los servicios tradicionales del Estado al alcance del ciudadano (Consultas en línea, Gestión de trámites, Expedientes digitales, Voto Electrónico, Consultas populares, etc) [26][27][28][34] se agrega la concepción de

E-Citizen, es decir un ciudadano capacitado para interactuar con el Estado, empleando Tecnología. [29][30][33][35].

Esta concepción requiere un gran esfuerzo en disminuir la brecha digital mediante esfuerzos de capacitación en los cuales deben participar las Universidades [31][32].

Todos estos procesos requieren una cuidadosa auditoría de calidad y seguridades referidas a los derechos individuales y también a la inviolabilidad de la información crítica que maneje el Estado. [36][37]

En síntesis, con E-Gov se abren varias líneas de Investigación y Desarrollo asociadas con la integración de las TICs en la sociedad y que requieren un esfuerzo importante en la formación de recursos humanos.

Desde el año 2003 el Instituto trabaja en aplicaciones en esta área, entre las cuales se destacan prototipos de hardware y software de distintos tipos de votaciones (urnas electrónicas, ambientes de votación, comunicaciones, votantes, entre otras) [19][20][21][22].

### Líneas de Investigación y Desarrollo

- Conceptos de procesamiento distribuido. Arquitectura, comunicaciones y software. Middleware.
- Metodologías de especificación, validación y desarrollo de SSD.
- Metodologías ágiles de desarrollo utilizando frameworks propios y disponibles de uso libre, con diferentes tecnologías.
- Ingeniería de Requerimientos.
- Métricas para la estimación, seguimiento de proyectos y evaluación de software.
- Herramientas para Gestión de Riesgo en sistemas complejos que incluyan software.
- Planificación de tareas y herramientas de integración y mantenimiento de sistemas distribuidos.
- Lenguajes y ambientes para procesamiento distribuido.

- Reingeniería de sistemas complejos que migran por downsizing a esquemas cliente-servidor distribuidos.
- Sistemas basados en tecnologías Grid/Cloud. Enfoque a las aplicaciones de E-Citizen.
- Sistemas distribuidos para el tratamiento de información no estructurada (Big-Data). Aplicaciones.
- Voto electrónico y Voto por Internet. Arquitecturas adaptadas a la legislación vigente.
- Sistemas de identificación segura en tiempo real. Identificación biométrica.
- Seguridad y tolerancia a fallas en sistemas de E-Government.
- Certificación de software y hardware para sistemas de E-Gov. Normas.
- Nuevas tecnologías de E-Gov, en particular M-Gov (Mobile Government)

### Resultados esperados/obtenidos

Algunas transferencias realizadas en el período:

- Análisis y Desarrollo de Sistemas WEB para relevamiento de ofertas tecnológicas para distintos organismos (Mapa tecnológico de la Pcia. de Bs. As., Vinculación tecnológica UNLP, Oferta tecnológica UUNN).
- Análisis y desarrollo de distintos escenarios de votación:
  - Voto Electrónico vía internet para el Colegio de Farmaceuticos de la Pcia. de Bs. As.,
  - Voto electrónico en escenarios distribuidos aplicado a Colegios Profesionales con distintas delegaciones.
  - Voto electrónico con diferentes tipos de identificación, como biométricas o código de barra (aplicado en las elecciones de posters premiados en el I Congreso de Tecnología de la CIC)

- Análisis y desarrollo de soluciones para la recolección de asistencia en distintos eventos académicos y científicos.
- Consultoría para la Secretaría de Comunicaciones de la Nación, analizando técnicamente las propuestas empresariales del programa Servicio Universal.

Metas/Resultados esperados:

- Desarrollar soluciones a problemas concretos de software de sistemas distribuidos, poniendo énfasis en el desarrollo de metodologías y herramientas específicas para clases de aplicaciones.
- Aplicar los conceptos de gestión de proyectos y gestión de riesgos en proyectos de desarrollo de software, definiendo un proceso proactivo de administración de riesgos, aplicable a lo largo del ciclo de vida del proyecto. En particular lograr aplicar una gestión de riesgos simple en organizaciones pequeñas y medianas.
- Analizar metodologías aplicables a Sistemas Distribuidos utilizando frameworks de desarrollo.
- Ampliar herramientas que soporten la evaluación de calidad, eficiencia y relación de esfuerzo/costo.
- Evolucionar los prototipos de voto electrónico presencial y vía WEB utilizables en diferentes modelos de elecciones/consultas.
- Desarrollar servicios WEB, en particular relacionados con Big-Data.
- Especificar e implementar Web services eficientes sobre Grid/Cloud, aplicados en E.Gov.
- Transferir al sector productivo nacional.
- Formar recursos humanos de grado y postgrado en la temática.
- Conformar vínculos y acuerdos de cooperación con otras universidades del país y del exterior.

- Publicar los resultados y participar en eventos científicos/tecnológicos para compartirlos.

### Formación de Recursos Humanos

Los integrantes de esta línea de investigación dirigen Tesinas de Grado y Tesis de Postgrado en la Facultad de Informática, y Becarios III-LIDI en temas relacionados con el proyecto. Además participan en el dictado de asignaturas/cursos de grado y postgrado de la Facultad de Informática de la UNLP.

### Referencias

- [1] G. Coulouris. Distributed Systems – Concepts and Design. Addison-Wesley. 1994.
- [2] R. Pressman. Ingeniería de Software: Un Enfoque Práctico. McGraw-Hill. 2002
- [3] R. Wysocki. Effective Project Management: Traditional, Adaptive, Extreme, .Wiley .2003
- [4] Loucopoulos, P; Karakosas, V.. Systems Requirements Engineering. McGraw Hill. Book Company. 1995
- [5] G. Kotonya and I. Sommerville, Requirements Engineering: Processes and Techniques, Wiley. 1998
- [6] Pleeger. Ingeniería de Software: Teoría y Práctica. Prentice-Hall. 2002
- [7] Stephen Kan. Metrics and Models in Software Quality Engineering (2nd Edition). Addison Wesley. 2003
- [8] Offutt J., “Quality Attributes of Web Software Applications”. IEEE Software: Special, Issue on Software Engineering of Internet Software 19 (2):25-32, Marzo / Abril 2002.
- [9] Wu, Y. y Offutt, J. “Modeling and testing web-based Applications”. <https://citeseer.ist.psu.edu/551504.html>: 1-12, Julio 2004
- [10] Piattini, M; Oktaba, H; Pino, F; Orozco, M; Alquicira, C. COMPETISOFT. Mejora de Procesos Software para Pequeñas y Medianas Empresas y Proyectos. Editorial RaMa. ISBN; 978-84-7897-901-1. 2008
- [11] Ingeniería de Software, Ian Sommerville, Pearson, Addison Wesley, 2006
- [12] Software Risk Management Practices. KLCL research group report. 2001
- [13] Software Engineering Institute. Disponible en <http://www.sei.cmu.edu/risk/>
- [14] Continuous Risk Management at NASA. Rosenberg, L., Hammer, T., Gallo, A., [http://satc.gsfc.nasa.gov/support/ASM\\_FEB99/crm\\_at\\_nasa.html](http://satc.gsfc.nasa.gov/support/ASM_FEB99/crm_at_nasa.html)
- [15] A spiral model of software development and enhancement. B. Boehm, IEEE Computer, 21(5), 61-72. 1988

- [16] Managing Risk: Methods for Software Systems Development. E. Hall, Reading, MA: Addison Wesley, 1998
- [17] Managing software Quality and Business Risk. M. Ould. John Wiley & Son. 1999
- [18] Software Risk Management, S. Zardari. Information Management and Engineering, 2009. ICIME '09. International Conference on Digital Object Identifier: 10.1109/ICIME.2009.138, 375-379, 2009.
- [19] Feierherd G., De Giusti A., Pesado P., Depetris B. "Una aproximación a los requerimientos del software de voto electrónico de Argentina". CACIC 2004.
- [20] Pesado P., Feierherd G., Pasini A. "Especificación de Requerimientos para Sistemas de Voto Electrónico". CACIC 2005.
- [21] Pesado P., Pasini A., Ibáñez E., Galdámez N., Chichizola F., Rodríguez I., Estrebou C., De Giusti A. "E-Government- El voto electrónico sobre Internet". CACIC 2008.
- [22] Carri J., Pasini A., Pesado P., De Giusti A. "Reconocimiento biométrico en aplicaciones de E-Government. Análisis de confiabilidad / tiempo de respuesta." CACIC 2007.
- [23] Center for democracy and technology E-Government Handbook. 2002. <http://www.cdt.org/egov/handbook/>
- [24] Jones A., Williams L. "[Public Services and ICT - FINAL REPORT. How can ICT help improve quality, choice and efficiency in public services?](#)". London: [The Work Foundation](#). 2005.
- [25] London: National Audit Office. "[Better Public Services through e-government](#)". Report HC 704-I Session 2001-2002.
- [26] Washington DC: Office of Management and Budget. "[E-Government Strategy: Simplified Delivery of Services to Citizens](#)". OMB. 2002.
- [27] "[Citizen Centric Government: Global Best Practice in Delivering Agile Public Services to Citizens and Businesses](#)". London: Gov3 Ltd. 2006.
- [28] Brussels: European Commission. "[The Role of eGovernment for Europe's Future](#)". Report COM(2003) 567 Final. Europe. 2003.
- [29] Wang L., Bretschneider S., Gant J. "[Evaluating Web-based e-government services with a citizen-centric approach](#)". Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences. 2005.
- [30] [Transforming Public Services: The Next Phase of Reform](#). Edinburgh: Scottish Executive". Scotland 2006.
- [31] Clift S. "[e-Government and Democracy: Representation and Citizen Engagement in the Information Age](#)". 2004.
- [32] O'Donnell S., McQuillan H., Malina A. "[eInclusion: expanding the Information Society in Ireland](#). Dublin: Government of Ireland. Information Society Commission". 2003.
- [33] Juma C., Yee-Cheong L. "Reinventing global health: the role of science, technology and innovation". Lancet 2005.
- [34] Laguna A., Ferri Tormo R., Hernandez V., Peñarrubia J. "gCitizen: uso de tecnologías Grid para la interoperabilidad entre Administraciones Públicas". IX Jornadas sobre Tecnología de la Información para la Modernización de las Administraciones Públicas. Sevilla. 2006.
- [35] Brunner J. "Educación: escenarios de futuro. Nuevas Tecnologías y sociedad de la información". PREAL, Santiago de Chile. 2000.
- [36] Bhutta Z. "Ethics in international health research: a perspective from the developing world". Bulletin of the World Health Organization. 2002.
- [37] Alakeson, Vidhya, Aldrich T., Goodman J., Jorgensen B., Mill P. "[Social Responsibility in the Information Society. Brussels: DEESD - Digital Europe: e-business and sustainable development](#)". Report Deliverable 7 (D7) DEESD IST-2000-28606. 2003.