

# Experiencias en el desarrollo de Sistemas de Software Distribuidos.

Patricia Pesado<sup>(1)</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 Estrebow<sup>(1)</sup>, Alejandra Ripodas<sup>(1)</sup>, Verónica Aguirre<sup>(1)</sup>, Germán Cáseres<sup>(1)</sup>, Santiago Medina<sup>(1)</sup>, Matías Dell’Oso<sup>(1)</sup>, Juan Manuel Paniego<sup>(1)</sup>, Martín Pi Puig<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

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

## Resumen

Esta línea de investigación y desarrollo está centrada en los sistemas de software distribuidos; desde hace más de 15 años el III-LIDI trabaja con metodologías, técnicas y herramientas de Ingeniería de Software para sistemas distribuidos, orientadas a diferentes clases de sistemas, tales como sistemas WEB, sistemas de E-government, sistemas para dispositivos móviles.

Esta línea ha significado la transferencia de conocimiento a diferentes sectores, tanto públicos como privados o mixtos.

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

## Contexto

La línea de Investigación que se presenta en este trabajo está enmarcada en el Proyecto F016-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, acreditado por el Ministerio de Educación. En particular en el subproyecto “Métodos y Procesos para la gestión de Sistemas de Software Distribuidos. Aplicaciones”.

## Introducción

El desarrollo de sistemas distribuidos, como cualquier sistema de software necesita de las actividades definidas en un ciclo de vida de software para su correcta resolución. En algunos casos las técnicas y herramientas utilizadas habitualmente, deben ser adaptadas a estos tipos de sistemas, cuya característica principal es que se ejecutan sobre un conjunto de computadoras conectadas a una red. Estos sistemas deben tener soporte de software distribuido, que permita coordinar las actividades y compartir recursos, de manera que el usuario perciba una única facilidad de cómputo integrado, aunque ésta pueda 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][8][9]. La utilización de estas prácticas para resolver Sistemas Distribuidos hace necesaria su adaptación en función de las características de dichos sistemas. [3]

Existen diversos modelos de procesos que permiten generar software que cumpla las expectativas del cliente y que para su desarrollo se pueda tener una agenda y costeo adecuado. Estos diferentes modelos presentan actividades rectoras que están presentes, en general, en cualquier metodología [10]:

- 1) especificación del problema (ingeniería de requerimientos)
- 2) gestión del proyecto (calendarización, análisis de riesgo, métricas y análisis de costo)
- 3) diseño e implementación,
- 4) validación
- 5) evolución del software.

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 [4] [5] [6][7].

En esta línea de investigación interesa particularmente la temática de E-Government. 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. Debe centrarse en la inclusión de los ciudadanos de una manera participativa a través de las tecnologías de la información y la comunicación [15] [16] [17]. 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) [18][19][20][26] se agrega la concepción de E-Citizen, es decir un ciudadano capacitado para interactuar con el Estado, empleando Tecnología. [21][22][23][24][25][27].

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, entre otras)[11][12][13][14].

Un sistema de votación electrónica utiliza las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) para llevar a cabo el proceso de emisión de votos, haciendo el recuento de votos simple y rápido.

Existen numerosas implementaciones que apoyan el proceso de votación, algunos de ellos destinado sólo a ciertas fases del proceso, mientras que otros a resolver todas las actividades que se llevan a cabo durante una elección. Estos últimos se denominan sistemas de voto electrónico.

Los requisitos básicos de un sistema de votación electrónica son:

- Sólo los que están en el registro electoral debe ser capaz de votar;
- Ningún votante debe ser capaz de tomar el lugar de otro, o votar más de una vez;
- El voto de ser secreto, la persona debe emitir su voto y éste no debe ser identificable;
- Los votos en blanco deben ser posibles.

Una vez que el proceso electoral está habilitado por el consejo de autoridades de la Junta Electoral, el proceso de votación incluye tres etapas principales:

1. identificación del votante,
2. registro del voto,
3. una vez finalizado el acto electoral, realizar es escrutinio.

El software desarrollado para el voto electrónico debe ser auditable, lo que significa que las características de código abierto en un sistema operativo de software libre con la firma digital serían útiles para la fiabilidad.

Se han analizado y caracterizado modelos y tecnologías posibles, realizando varias experiencias prácticas. En particular se han analizado tres variantes: Voto electrónico presencial (VEP), Voto electrónico semipresencial (VESP) y Voto remoto (VER)

VEP: Una de las soluciones más integrales para la registración del sufragio, es la urna electrónica, un dispositivo que permite al elector visualizar las opciones de voto a través de una pantalla táctil, verificar su elección con

el voto impreso que se muestra en una ventana y confirmar el mismo para actualizar los contadores de votación y deslizar automáticamente el voto en una urna alojada en el “cajero/kiosco”. Estos sistemas son llamados Sistemas de Registro Electrónico Directo (DRE). El VEP se organiza en puestos de votación distribuidos, en los que existe un padrón de votantes en la mesa de autoridades donde se presenta físicamente el elector, conectada a la urna electrónica. Finalizada la elección se realizará el recuento automático de los votos de la urna.

VESP: Combina las características del voto presencial en cuanto a los puestos de votación donde se identifican los electores y efectúan su opción de voto; con la transmisión remota del voto realizado a una urna distante físicamente, donde se guarda el respaldo papel y se registran los resultados y sobre la que se realizará el recuento de los votos recibidos una vez finalizada la elección.

VER: Consiste en una aplicación WEB, que puede ser utilizada por el elector a través de un navegador web desde un dispositivo conectado a internet en cualquier lugar del mundo. El voto del elector es transmitido por una conexión segura a un servidor donde se almacenan los resultados. Una vez finalizada la elección, las autoridades electorales realizan el recuento a través de la aplicación web.

## Líneas de Investigación y Desarrollo

Se detallan a continuación las principales líneas de investigación y desarrollo que representan una continuidad respecto de años anteriores:

- 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.

- Evaluación de técnicas para mejorar el proceso de Ingeniería de Requerimientos.
- 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 presencial y Voto por Internet. Arquitecturas adaptadas a la legislación vigente. Inclusión de electores.
- 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 y en curso:

- **Voto Electrónico Presencial.** Desde 2003, se utilizan adaptaciones de la urna electrónica en las elecciones de alumnos de distintas universidades (los mismos pueden votar a “Claustro de estudiantes y Centro de estudiantes” o “Sólo Centro” de acuerdo a su condición), incluyendo alumnos no videntes. También en elecciones de graduados, de profesores, de no docentes, en congresos para votación de las mejores presentaciones o en eventos para la elección de las mejores propuestas. Está en proceso de desarrollo una nueva arquitectura de Urna Electrónica con utilización de

microcontroladores del tipo Raspberry Pi 2.

- **Voto Electrónico Semipresencial.** Desde 2007 se utiliza voto semi-presencial en elecciones estudiantiles de la UNLP en sedes regionales.
- **Voto Electrónico Remoto:** Desde 2007 se utiliza voto remoto en elecciones de distintas organizaciones públicas y privadas (unidades de investigación, consejos y cajas profesionales), para diferentes conformaciones de autoridades.
- **Sistema de Alerta temprana.** El III-LIDI está desarrollando un Sistema WEB de Alerta Temprana para la ciudad de La Plata (SATLP) para la prevención de inundaciones, en el marco del proyecto PIO CONICET-UNLP “Construcción de un sistema integrado de gestión del riesgo hídrico en la región del Gran La Plata”. El objetivo es contar con un sistema de alerta temprano que permitirá monitorear no sólo las precipitaciones sino el crecimiento de cada cuenca hidrológica de la región. El proyecto busca comunicar estaciones de censado pluviométrico con una base de datos central y que la información producida sea visible en la web desarrollada a tal efecto. Las etapas del desarrollo son:
  - 1- visualización de los datos de lluvias;
  - 2- agregar la caracterización de la severidad de la tormenta en tiempo real;
  - 3- dar resultados del simulador (modelo hidrodinámico);
  - 4- presentar un pronóstico de inundación que defina un alerta hidrológico.

Esta experiencia se está implementando para la subcuenca del Arroyo Pérez. Este proyecto tiene el potencial de poder ser utilizado en otras cuencas de la Provincia.

- **Sistema para almacenamiento y recuperación inteligente de información digitalizada.** Durante WICC 2015 se presentó este sistema en una etapa de

análisis y diseño. Actualmente está implantado en la Facultad Ciencias Económicas y en la Facultad de Informática de la UNLP.

- **Sistema de Gestión Integral para el CONICET La Plata.** Este sistema, que abarca las áreas de Recursos Humanos; Comercio Exterior, Compras y Patrimonio; Administración Contable; Tesorería; entre otras, ya se encuentra operativo.
- **Plataforma de Educación a Distancia.** El sistema WEBUNLP fue desarrollado al comienzo del milenio por el III-LIDI. Desde ese momento fue utilizado por numerosas cátedras de la Facultad de Informática, la Universidad Nacional de la Plata, y otras universidades del país. El proyecto contó con mantenimiento preventivo y correctivo, pero el transcurso del tiempo demostró que era necesario un mantenimiento perfectivo que incorporara una serie de nuevas funcionalidades al entorno. Desde 2015 el sistema está siendo redefinido.

Metas/Resultados esperados (en continuidad con el proyecto que se viene realizando) :

- Desarrollar soluciones a problemas concretos de software de sistemas distribuidos, poniendo énfasis en el desarrollo de metodologías y herramientas específicas para clases de aplicaciones.
- Analizar metodologías aplicables a Sistemas Distribuidos utilizando frameworks de desarrollo, específicos para diferentes entornos.
- Ampliar herramientas que soporten la evaluación de calidad, eficiencia y relación de esfuerzo/costo. Esta meta relacionada con el subproyecto de gestión de la calidad del Instituto.
- Continuar evolucionando los prototipos de voto electrónico presencial y remoto utilizables en diferentes modelos de elecciones/consultas.
- 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 Licenciatura y Tesis de Postgrado en la Facultad de Informática, y Becarios del Instituto 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 y en otras universidades del país y del exterior.

## 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] Pleeger. Ingeniería de Software: Teoría y Práctica. Prentice-Hall. 2002
- [4] Stephen Kan. Metrics and Models in Software Quality Engineering (2nd Edition). Addison Wesley. 2003
- [5] 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.
- [6] Wu, Y. y Offutt, J. “Modeling and testing web-based Applications”. <https://citeseer.ist.psu.edu/551504.html>: 1-12, Julio 2004
- [7] 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
- [8] Ingeniería de Software, Ian Sommerville, Pearson, Addison Wesley, 2006
- [9] Software Engineering Institute. Disponible en <http://www.sei.cmu.edu/risk/>
- [10] A spiral model of software development and enhancement. B. Boehm, IEEE Computer, 21(5), 61-72. 1988
- [11] Feierherd G., De Giusti A., Pesado P., Depetris B. “Una aproximación a los requerimientos del software de voto electrónico de Argentina”. CACIC 2004.
- [12] Pesado P., Feierherd G., Pasini A. “Especificación de Requerimientos para Sistemas de Voto Electrónico”. CACIC 2005.
- [13] Pesado P., Pasini A., Ibáñez E., Galdámez N., Chichizola F., Rodríguez I., Estrebow C., De Giusti A. “E-Government- El voto electrónico sobre Internet”. CACIC 2008.
- [14] Carri J., Pasini A., Pesado P., De Giusti A. “Reconocimiento biométrico en aplicaciones de E-Government. Análisis de confiabilidad / tiempo de respuesta.” CACIC 2007.
- [15] Center for democracy and technology E-Government Handbook. 2002. <http://www.cdt.org/egov/handbook/>
- [16] 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.
- [17] London: National Audit Office. “Better Public Services through e-government”. Report HC 704-I Session 2001-2002.
- [18] Washington DC: Office of Management and Budget. “E-Government Strategy: Simplified Delivery of Services to Citizens”. OMB. 2002.
- [19] “Citizen Centric Government: Global Best Practice in Delivering Agile Public Services to Citizens and Businesses”. London: Gov3 Ltd. 2006.
- [20] Brussels: European Commission. “The Role of eGovernment for Europe's Future”. Report COM(2003) 567 Final. Europe. 2003.
- [21] 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.
- [22] Transforming Public Services: The Next Phase of Reform. Edinburgh: Scottish Executive”. Scotland 2006.
- [23] Clift S. “e-Government and Democracy: Representation and Citizen Engagement in the Information Age”. 2004.
- [24] O'Donnell S., McQuillan H., Malina A. “eInclusion: expanding the Information Society in Ireland. Dublin: Government of Ireland. Information Society Commission”. 2003.
- [25] Juma C., Yee-Cheong L. “Reinventing global health: the role of science, technology and innovation”. Lancet 2005.
- [26] 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.
- [27] Brunner J. “Educación: escenarios de futuro. Nuevas Tecnologías y sociedad de la información”. PREAL, Santiago de Chile. 2000.