

## Sistemas Distribuidos: Tecnología y Casos de estudio

Patricia Pesado<sup>(1,2)</sup>, Pablo Thomas<sup>(1)</sup>, Rodolfo Bertone<sup>(1)</sup>, Hugo Ramón<sup>(1)</sup>, Marcos Boracchia<sup>(1)</sup>, Eduardo Ibañez<sup>(1)</sup>, Cesar Estrebou<sup>(1)</sup>, Luciano Marrero<sup>(1)</sup>, Lisandro Delia<sup>(1)</sup>, Nicolás Galdamez<sup>(1)</sup>, Germán Caseres<sup>(1)</sup>, Bernarda Albanessi<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)

Facultad de Informática – UNLP

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, pthomas, pbertone, hramon, marcosb, eibanez, cesarest, lmarrero, ldelia, ngaldamez, gcaseres, balbanessi}@lidi.info.unlp.edu.ar

### Resumen

Se presenta una línea de investigación y desarrollo, que tiene por objeto estudiar temas relacionados con aspectos de Ingeniería de Software orientados al desarrollo e implementación de proyectos concretos de Sistemas Distribuidos, en particular Sistemas Distribuidos con restricciones de Tiempo Real, Sistemas Web, Sistemas Sensibles al Contexto y Sistemas para Dispositivos Móviles, considerando las extensiones necesarias en las metodologías y herramientas clásicas.

Se ha logrado transferir los resultados de investigación a proyectos en diferentes ámbitos, aportar en la formación de recursos humanos y realizar publicaciones en congresos nacionales e internacionales.

**Palabras claves:** Sistemas Distribuidos – Ingeniería de Requerimientos – Metodologías de Desarrollo – Sistemas Web – Bases de Datos Distribuidas - Sistemas Distribuidos de Tiempo Real

### Contexto

Esta línea de Investigación forma parte del Proyecto “Tecnología y aplicaciones en Sistemas de Software Distribuidos. Experiencias en E-learning, E-government y Sistemas productivos” del Instituto de Investigación en Informática LIDI de la Facultad de Informática, acreditado por la UNLP, y de proyectos específicos apoyados por diversos organismos.

Hay cooperación con varias Universidades de Argentina y se está trabajando con Universidades de Europa en proyectos financiados por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de España y la AECID.

Se participa en iniciativas como el Programa IberoTIC de intercambio de Profesores y Alumnos de Doctorado en el área de Informática.

Por otra parte, se tiene financiamiento de Telefónica de Argentina en Becas de grado y posgrado.

### Introducción

Un sistema distribuido consiste en un conjunto de computadoras autónomas conectadas por una red y con soporte de software distribuido. Permite que las computadoras coordinen sus actividades y compartan recursos de hardware, software y datos, de manera tal que el usuario percibe una única facilidad de cómputo integrada, aunque ésta pueda estar implementada por varias máquinas en distintas ubicaciones [1].

Las características de los Sistemas Distribuidos conducen a la utilidad de desarrollar prácticas de Ingeniería de Software que apunten a los distintos aspectos del desarrollo de sistemas desde la captura de requerimientos y la planificación, pasando por las metodologías de desarrollo, hasta la verificación y simulación de procesos

distribuidos, incluyendo el aseguramiento de calidad.

En particular un sistema distribuido de tiempo real debe interactuar con el mundo real, en puntos físicamente distantes y no necesariamente fijos, en períodos de tiempo determinados por el contexto o las restricciones de la especificación (en muchos casos a partir de una activación asincrónica).

Algunas de las dificultades principales del desarrollo de software para sistemas distribuidos de tiempo real son:

- Modelizar condiciones de concurrencia y paralelismo.
- Tratamiento de señales en tiempo real.
- Detectar y controlar condiciones de falla, a nivel de software, de procesadores y de comunicaciones. Prever diferentes grados de recuperación del sistema.
- Asegurar la confiabilidad de los datos y analizar su migración en condiciones de funcionamiento normal o de falla.
- Organizar y despachar la atención de procesos, manejando las restricciones de tiempo especificadas.
- Testear y poner a punto un sistema físicamente distribuido.

Todas estas dificultades conducen a la utilidad de desarrollar herramientas de Ingeniería de Software orientadas a STR y SDTR, de modo de trabajar en la modelización, especificación y verificación del software considerando las restricciones temporales.

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, de Tiempo Real, Sensibles al Contexto o Aplicaciones para Dispositivos Móviles, hace necesaria su adaptación en función de las características de dichos sistemas.

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 comprende 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* se debe hacer posponiendo el *cómo* a etapas posteriores en el ciclo de vida, constituyendo el fundamento de la construcción de un Sistema de Software [5].

El modelo de procesos elegido para el desarrollo de software define las actividades a realizar para la generación de productos de acuerdo a los objetivos planteados [6].

Otro 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.

El software desarrollado en una unidad de tiempo es llamado una iteración, la cual debe durar un tiempo acotado. El propósito de cada iteración es generar una versión que responda al reducido conjunto de requerimientos definidos para ella. Al final de cada iteración el equipo vuelve a evaluar las prioridades del proyecto.

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].

Por otra parte, los Sistemas Sensibles al Contexto representan una rama emergente de los Sistemas de Software, que si bien es incipiente, tiene una amplia aceptación y varias áreas, tales como Inmótica, Domótica, E-commerce, entre otras.

La característica fundamental de los Sistemas Sensibles al Contexto es su adaptación constante a lo que sucede en el entorno de la aplicación; es decir, la respuesta del sistema se ajusta a los cambios que suceden en su contexto. La necesidad de aplicar un proceso de Ingeniería de Requerimientos es razón de análisis e investigación de la comunidad de Ingeniería de Software para este tipo de sistemas.

Desde hace años, con el creciente desarrollo tecnológico cada vez más personas acceden a dispositivos móviles, los cuales han evolucionado constantemente en capacidades de servicio, ofreciendo funciones de comunicación y procesamiento de datos, que van mucho más allá que las simples llamadas telefónicas o ejecución de aplicaciones básicas.

Un “dispositivo móvil” es un término que abarca una amplia gama de aparatos

electrónicos surgidos en los últimos años, que se caracterizan por su tamaño reducido, su conectividad, capacidad de procesamiento y almacenamiento de datos. Ejemplo de estos dispositivos lo constituyen los teléfonos móviles más evolucionados (denominados smartphones), cámaras digitales, reproductores de música, consolas de videojuegos, entre otros.

El teléfono móvil, particularmente, se ha convertido en un período de pocos años en un dispositivo masivo para la sociedad. Desde sus primeras funciones básicas de realizar llamadas y poder estar localizable, ha pasado a ser un aparato indispensable en la vida diaria de la mayor parte de la población, con funcionalidades como agenda personal, calendario, o incluso reproducción de música y cámara de fotos. Asimismo, la tecnología ha posibilitado capacidades tiempo atrás inimaginables, como conexión a Internet de alta velocidad, GPS (Sistema de Posicionamiento Global) o grabación de video en alta definición.

Debido al auge de estos dispositivos, y a las facilidades que estos presentan, resulta de gran relevancia la investigación y desarrollo de software en este marco.

### **Líneas de Investigación y Desarrollo**

- Conceptos de procesamiento distribuido. Arquitectura, comunicaciones y software. Middleware.
- Metodologías de especificación, validación y desarrollo de SSD y SSDTR.
- Metodologías ágiles de desarrollo utilizando frameworks propios y disponibles de uso libre con diferentes tecnologías.
- Ingeniería de Requerimientos para Sistemas Sensibles al Contexto.
- Ingeniería de Software relacionada con el desarrollo de aplicaciones para Dispositivos Móviles
- Diseño e implementación del concepto de “ciudad inteligente”
- Bases de Datos Distribuidas.

- Herramientas de modelización de Bases de Datos.
- Herramienta para Gestión de Riesgo en Proyectos de Software.
- Herramientas de integración y mantenimiento de proyectos distribuidos.
- Reingeniería de sistemas complejos que migran por downsizing a esquemas cliente-servidor distribuidos.
- Sistemas de Tiempo Real. Sistemas Distribuidos de Tiempo Real.
- Sistemas de control de robots en tiempo real. Algoritmos colaborativos entre máquinas móviles.
- Sistemas con identificación segura en tiempo real.

### Resultados esperados/obtenidos

Los resultados esperados/obtenidos se pueden resumir en:

- Avanzar en la capacitación continua de los miembros de la línea de investigación.
- Desarrollar soluciones a problemas concretos de software de sistemas distribuidos, poniendo énfasis en el desarrollo de metodologías y herramientas específicas para clases de aplicaciones.
- Se ha logrado extender proceso de Ingeniería de Requerimientos de Loucopoulos y Karakostas [4], incorporando el tratamiento de información de contexto. Se han presentado casos de estudio reales en las áreas de Inmótica y Domótica [27].

Se mencionan algunas transferencias realizadas:

#### 3.1 Seguridad Monitoreada con Nuevas tecnologías en el Municipio de Florencio Varela. Implantación.

Como continuidad del proyecto iniciado en 2010, y en el marco del convenio con el Municipio de Florencio Varela y el Foro de Ciencia y Tecnología para la Producción, financiado por el Ministerio de Planificación

Federal, se implantaron, a partir de julio de 2011, diferentes procesos para aplicar en el tratamiento de incidentes registrados a través de una sala de monitoreo de cámaras, localizadores satelitales, y oficina de situación para centralizar el control de crisis.

Todo el proceso de monitorización de eventos y, eventualmente, la aplicación de los planes de contingencia previstos, está siendo aplicado en el Municipio. Durante el mes de julio de 2011, miembros del III-LIDI brindaron cursos de capacitación al personal del Municipio.

Para el primer semestre de 2012 y, a partir de requerimientos generados por el Municipio, está previsto generar una actividad de revisión que permita mejorar, adaptar o corregir el manual de procedimientos entregado. Asimismo, como trabajo futuro se prevé incorporar nuevos eventos al manual provisto.

#### 3.2 Análisis del proceso de desarrollo de Software del Departamento de Informática en Salud del Hospital Italiano (CABA).

El Hospital Italiano de Buenos Aires (HIBA) es un hospital universitario de alta complejidad. Dispone de Historia Clínica Electrónica (HCE) multimedia en todos los niveles de atención (ambulatorio, internación, emergencias, internación domiciliaria), con gestión y presentación de informes de servicios auxiliares (diagnóstico por imágenes, laboratorio, cardiología, medicina nuclear, anatomía patológica), repositorio de datos clínicos, monitor de eventos clínicos, todos ellos integrados con los sistemas administrativos (recursos humanos, Inventario, Cuentas corrientes, Farmacia), agenda de turnos y sistema de ADT (admisión, alta y transferencia).

Desde el año 2011 se está analizando el marco metodológico y modelo de referencia de procesos utilizado por el HIBA, a fin de evaluar su impacto y proponer un plan de mejora de procesos. Esta actividad está prevista para el año en curso.

#### 3.3 Plataforma de e-learning adaptada a dispositivos móviles

Con el propósito de otorgar acceso a la plataforma virtual WEBUNLP desde dispositivos móviles, en particular celulares, se ha comenzado a estudiar metodologías de Ingeniería de Software aplicables a este entorno.

### E-Government

Desde el año 2003 se trabaja en aplicaciones en esta área, entre los cuales se pueden mencionar:

- Desarrollo de equipos específicos para Voto Electrónico y consultas populares aplicables en diferentes áreas y desarrollo de software para diferentes modelos de elecciones/consultas:
- ✓ Desarrollo y experimentación de una urna electrónica y su software parametrizable para elecciones en Argentina (Municipales, Provinciales, Nacionales) [19] [20].
- ✓ Desarrollo de una terminal integral utilizada como puesto de Voto Electrónico en la Facultad de Informática de la UNLP desde 2007 para las elecciones estudiantiles. Aplicación a otras Facultades y Universidades.
- ✓ Desarrollo e implementación del E-Vote sobre Internet, utilizado en la Facultad de Informática y las Sedes Regionales desde 2008 [21] [22].
- ✓ Participación en el diseño de voto electrónico sobre Internet implementado por el CONICET en 2012.
- ✓ Evolución de la terminal de voto electrónico para identificación biométrica de los estudiantes (a través de las huellas dactilares) en las elecciones 2009.
- Estudio y aplicación de sistemas de Identificación biométrica:
- ✓ Desarrollo de un sistema de gestión de alumnos de postgrado utilizando identificación biométrica para la Facultad de Ciencias Económicas de la UNLP.
- ✓ Experiencia de sistemas de trámites WEB basados en identificación segura con estos equipos y contra BD de tamaño creciente, centralizadas y distribuidas [23].
- ✓ Registración automática de presencias de los alumnos ingresantes a la Facultad de Informática 2010 a través de las huellas dactilares.
- ✓ Reconocimiento a través del iris en ámbitos de alta seguridad en los que no se pueden utilizar las huellas dactilares, por ejemplo en las Penitenciarías.
- Auditoría de sistemas (hardware y software):
- ✓ Auditoría y certificación de los equipos de Voto Electrónico aprobados en la Pcia. de Río Negro y desarrollados por ALTEC SE [24] [25].
- ✓ Auditoría del software de recuento e integración de datos en las elecciones de Río Negro.
- ✓ Participación en el ESI Center Cono Sur Argentina, para la certificación de calidad de distintos procesos de gestión pública [26].
- Asesoramiento a la Municipalidad de La Plata en el proyecto de Terminales inteligentes para información turística de la ciudad.
- Análisis y desarrollo de un sistema web de gestión de alumnos de postgrado que integra la información de todas las Facultades de la UNLP.

### 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] Silberschatz A et all: "Fundamentos de Bases de Datos", Tercera Edición Mc Graw Hill 1998
- [11] Ozsu M. Valduriez, P.: "Principles of Distributed Database Systems", Segunda Edición. Prentice Hall 1999
- [12] 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
- [13] Elmasri, Navathe, "Fundamentos de Sistemas de Bases de Datos", Tercera Edición, Pearson, 2006
- [15] Everdingen, Y., Hillegersberg, J., Waarts, E. "ERP Adoption by European Midsize Companies". *Communications of the ACM*, vol. 43, n°. 4, pp. 27-31. 2000.
- [16] Sprott D. "Enterprise Resource Planning: Componentizing the Enterprise Application Packages". *Communications of the ACM*, vol. 43, n°. 4, pp. 63-69. 2000.
- [18] Estrebou C., Romero A., Galdamez N., Moralejo L. "Sistema Web para Planeamiento de la Producción de una empresa con Plantas distribuidas". *Jornadas AUGM. Campinas (Brasil)*. 2006.
- [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] Feierherd G. "Voto por Internet". *Reporte Técnico UNPSJB*.
- [22] 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.
- [23] Carri J., Pasini A., Pesado P., De Giusti A. "Reconocimiento biométrico en aplicaciones de E-Government. Análisis de confiabilidad / tiempo de respuesta." *CACIC* 2007.
- [24] Pasini A., Ibáñez E., Galdamez N., Estrebou C., Rodríguez I., Pousa A., De Giusti A. "Análisis Urna Electrónica ALTEC S.E.". *Informe Técnico III-LIDI*. 2007.
- [25] Estrebou C., Galdamez N., Pasini A., Pousa A., De Giusti A. "Análisis Urna Electrónica ALTEC S.E. Actualización 2008". *Informe Técnico. III-LIDI*. 2008.
- [26] "Acuerdo de creación de un ESICENTER en Argentina, entre European Software Institute, Grupo Tekne, Universidad Nacional de La Plata, Universidad Nacional de San Martín". 2007.
- [27] Castelli V., Thomas P., Bertone R., Oliveros A., "A Requirements Engineering Process extended to Context Information Management", *RCIS 2011 (Fifth IEEE International Conference on Research Challenges in Information Science)*. Mayo 2011. *IEEE (Print Version ISBN #978-1-4244-8671-7)*.