

# Tecnología y aplicaciones en Sistemas de Software Distribuidos. Experiencias.

P. Pesado<sup>(1,2)</sup>, H. Ramón<sup>(1)</sup>, P. Thomas<sup>(1)</sup>, M. Boracchia<sup>(1)</sup>,  
I. Rodríguez<sup>(1)</sup>, E. Ibañez<sup>(1)</sup>, L. Marrero<sup>(1)</sup>, L. Delia<sup>(1)</sup>,  
N. Restelli<sup>(1)</sup>, G. Caseres<sup>(1)</sup>, J. Pettoruti<sup>(1)</sup>

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

<sup>(2)</sup>Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)

{ppesado, hramon, pthomas, marcosb, ismael, eibanez, lmarrero, ldelia, nrestelli,  
gcaseres,josep}@lidi.info.unlp.edu.ar

## 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 acreditado por la UNLP y de proyectos específicos apoyados por CIC, Agencia, Telefónica, ALTEC e INASE.

## RESUMEN

El objetivo de este subproyecto es realizar investigación y desarrollo en temas relacionados con los aspectos de Ingeniería de Software que se orientan al desarrollo e implementación de proyectos concretos de Sistemas Distribuidos, en particular sistemas distribuidos con restricciones de tiempo real, considerando las extensiones necesarias en las metodologías y herramientas clásicas.

En este contexto se trabaja en aspectos de la Ingeniería de Software de diferentes sistemas con inteligencia distribuida (computadoras, robots, teléfonos móviles).

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

## 1 INTRODUCCION

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 los 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].

El desarrollo de sistemas distribuidos es una necesidad a partir de la utilización de redes de computadoras y de computadoras personales de alta performance.

Algunas ventajas del procesamiento distribuido son:

- Mejora de la disponibilidad: la operación es factible en una configuración reducida cuando algunos nodos están temporalmente no disponibles.
- Configuración más flexible: una aplicación puede configurarse de distintas maneras, seleccionando el número apropiado de nodos para una instancia dada.
- Control y administración más localizada: un subsistema distribuido, ejecutando en su propio nodo, puede diseñarse para ser autónomo, de modo que puede ejecutar en

- relativa independencia de otros subsistemas en otros nodos.
- Expansión incremental del sistema: si existe sobrecarga, el sistema puede expandirse agregando más nodos.
- Costo reducido: con frecuencia una solución distribuida es más barata que una centralizada.
- Balance de carga: en algunas aplicaciones la carga total del sistema puede ser compartida entre varios nodos.
- Manejo eficiente de datos distribuidos físicamente.
- Mejora en el tiempo de respuesta: los usuarios locales en nodos locales pueden obtener respuestas más rápidas a sus requerimientos.

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 que vienen 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.
- Manejar las comunicaciones inter-procesos e inter-procesadores.
- Tratamiento de señales en tiempo real.
- Tratamiento de interrupciones y mensajes asincrónicos con diferente prioridad.
- 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 y de tiempo real hace necesaria su adaptación en función de las características de dichos sistemas.

La adopción de un enfoque ingenieril 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] [20] [21]. 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] [19].

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].

Asociado con la Ingeniería de Software de Sistemas Distribuidos, está el problema de utilizar un entorno WEB para los servicios que ofrece el Sistema. La tendencia creciente al 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 de la Investigación en metodologías y herramientas orientadas a Sistemas WEB, así como ha obligado a establecer nuevas métricas y parámetros de aseguramiento de la Calidad para tales Sistemas. [7] [8] [9]

Por último, el modelo distribuido de datos hace posible la integración de BD heterogéneas proveyendo una independencia global del administrador de bases de datos respecto del esquema conceptual [10] [13].

## **2 LINEAS DE INVESTIGACION 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, en particular de sistemas distribuidos.
- Planificación de tareas para desarrollo de sistemas distribuidos.
- Bases de Datos Distribuidas [11] [22]
- Herramientas de integración y mantenimiento de proyectos distribuidos.
- Lenguajes y ambientes para procesamiento distribuido.
- Reingeniería de sistemas complejos que migran por down-sizing a esquemas cliente-servidor distribuidos.

- Sistemas de Tiempo Real. Sistemas Distribuidos de Tiempo Real.
- Tratamiento de señales en tiempo real.
- Sistemas de control de robots en tiempo real. Algoritmos colaborativos entre máquinas móviles.
- Sistemas con identificación segura en tiempo real.
- Integración de información para la toma de decisiones en organizaciones industriales distribuidas.
- Tecnologías para control inteligente de stocks (en particular RFID).
- Optimización de movimientos en stocks distribuidos.

## **3 RESULTADOS ESPERADOS/OBTENIDOS**

- 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 realizado transferencia a los siguientes Organismos, entre otros:

### **3.1 Instituto Nacional de Semillas (INASE):**

El Instituto Nacional de Semillas dependiente de la Secretaría de Agricultura de la Nación fiscaliza la comercialización de semillas para siembra, con el propósito de certificar la calidad de estas semillas.

Para realizar este control, el organismo utiliza un Sistema Web donde se tramitan las presentaciones realizadas por las empresas vendedoras de semillas.

El III-LIDI, ya ha realizado el proceso de reingeniería de este Sistema, con el objetivo de que las empresas mencionadas previamente realicen trámites ante el INASE utilizando este software.

En una nueva etapa del proyecto, se ha incorporado la gestión del proceso de fiscalización de semillas en tránsito.

El resultado esperado es el fortalecimiento del proceso de control de calidad de

comercialización de semillas, particularmente la fiscalización de semillas que se transportan entre distintas plantas del país.

Por último, una de las metas futuras más importantes del proceso de control, es incorporar la firma digital en todos los trámites virtuales.

### **3.2 Convenio con Dirección de Servicios Sociales del Ministerio de Seguridad de la Provincia de Buenos Aires**

Se prevé aplicar los fundamentos de Ingeniería de Software, en el monitoreo de procesos llevados a cabo en la División de Informática de esta entidad, cuya finalidad es brindar desarrollo y mantenimiento de sistemas informáticos de la Obra Social de Policías activos y pasivos de la Provincia de Buenos Aires. El resultado pretendido es brindar un soporte de mejora a los procesos utilizados. Este trabajo genera la posibilidad de definir las actividades pertinentes a una certificación de calidad de proceso [12] a mediano plazo.

### **3.3 Definición de un Proceso de Tratamiento de Emergencias**

En el marco de un 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 pretende definir un proceso para aplicar en el tratamiento de emergencias reportadas a través de un call center. Además se debe realizar un análisis cualitativo de toma de decisiones, a partir de imágenes captadas por cámaras instaladas en la ciudad.

El resultado esperado son protocolos de aplicación a situaciones emergentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los habitantes del Municipio de Florencio Varela.

### **3.4 Sistemas Productivos**

El III-LIDI forma parte del PAE EICAR (Electrónica, Informática, Comunicaciones, Automática y Robótica para la producción de Bienes y Servicios) integrado por una red de Universidades (UNLP, UNSJ, UNLM, UTN, UCC, UNPA, UNCPBA), institutos y

cámaras empresarias. Se focalizan temas específicos de Planificación, supervisión y optimización de la producción en Pymes incluyendo tecnología de gestión de stocks distribuidos y móviles, en conjunto con las Universidades de la RedEICAR. Esta Red tiene entre sus objetivos coordinar centros regionales (por áreas productivas) que combinan investigación, desarrollo, asesoramiento, capacitación y consultoría especializada en TICs para PYMES.

En cuanto a los sistemas de producción, la toma de decisiones relacionadas con el Planeamiento de la Producción en Plantas Industriales PYME requiere el análisis de datos complejos, que involucran desde las proyecciones de venta hasta el control en tiempo real de las máquinas que realizan la producción. Este análisis incluye algunos elementos de mayor dificultad cuando las plantas pueden estar físicamente distribuidas, lo que obliga a trabajar sobre aspectos de la logística de materias primas y productos terminados [14] [15].

Optimizar esta toma de decisiones tiene un alto significado económico para las empresas (reducción de stocks ociosos, minimización de los tiempos de respuesta, optimización en la asignación de recursos, reducción de los costos de la logística) que requiere el desarrollo de Sistemas de Software que integren modelos e información de mercado con la planificación de la producción [16].

Por otra parte la utilización de tecnología en la gestión de stocks fijos (almacenes) y móviles (durante su transporte) para el seguimiento de productos y materias primas en plantas industriales PYME representa un problema que afecta a la logística del planeamiento de la producción. La minimización y efectiva planificación de la distribución tiene un impacto directo en los costos de producción y el beneficio a obtener. Este análisis incluye elementos de mayor dificultad cuando las plantas se encuentran físicamente distribuidas. En particular la incorporación de tecnología (tal como la de RFID) a los almacenes de stock (únicos o distribuidos) de una organización permite un

control exacto de existencias en tiempo real [17].

Por otra parte el seguimiento de los stocks en movimiento (por ejemplo utilizando tecnología de georeferenciación) permite un control en tiempo real de las transferencias de materias primas y los movimientos de productos terminados entre centros de distribución.

En este tema se ha trabajado sobre casos específicos, entre los cuales podemos mencionar un sistema integrado de Planeamiento de la Producción para PYMES parametrizable y un sistema para mejoramiento y control de la producción, carga de máquinas, abastecimiento de materias primas y servicios, trazabilidad, almacenamiento y distribución de Productos Terminados para una empresa geográficamente distribuida [18].

#### **4 FORMACION DE RECURSOS HUMANOS**

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

#### **5 BIBLIOGRAFIA**

- [1] G. Coulouris. Distributed Systems – Concepts and Design. Addison-Wesley. 1994.
- [2] R. Pressman. Ingeniería de Software: Un Enfoque Práctico. McGraw-Hill. 2003
- [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, 3/4 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
- [14] Bernroider E., Hampel A. “Enterprise resource planning and it governance in perspective: strategic planning and alignment, value delivery and controlling”. Academic Publishers. Viena (Austria). 2005.
- [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.
- [17] Rehg J., Kraebberg H. “Computer-Integrated Manufacturing” Prent. Hall. 2004.
- [18] Estrebow 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] Neil Maiden, "User Requirements and System Requirements", IEEE Software, 2008

[20] Li Zhang, "Requirement Engineering for Web applications", Web Site Evolution, 2008. WSE 2008

[21] Solemon, B.; Shahibuddin, S.; Ghani, A.;"Re-defining the Requirements Engineering Process Improvement Model", 16th Asia-Pacific Software Engineering Conference, 2009

[22] Zhongchun Fang; Hairong Li; "Research of distributed intelligent database system and its coordinated mechanism", Industrial Electronics and Applications, 2008. ICIEA 2008.