

**ESPE-DECC**

**“DECC *Report***

**Tendencias en Computación”**



**REVISTA TECNICA DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE  
LA COMPUTACION.**

ISSN 1390-5236

© 2009, ESPE, Sangolquí-Ecuador

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACION Y VINCULACION  
CON LA COLECTIVIDAD.**

## **VOL. 1., No. 1-2009**

**DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACION.  
CRNL. EMC. Wilson Sánchez Valverde**

**EDITOR**

**Walter M. Fuertes D.**

Coordinador de Investigación y Vinculación del DECC.

Escuela Politécnica del Ejército

Sangolquí Ecuador

E\_mail: [wfuertesd@espe.edu.ec](mailto:wfuertesd@espe.edu.ec)

**COMITE EDITORIAL**

**Ing. Rodrigo Fonseca**

Jefe de Laboratorios de Computación

**Ing. Mario Ron Egas**

Coordinador de la Línea de Investigación de Software Aplicado

**Ing. Arturo de la Torre**

Coordinador de la Línea de Investigación de Seguridades en Redes

**Ing. Germán Ñacato**

Jefe del Laboratorio de Multimedia

**Ing. Mario Almache**

Docente T/C

**Portada:** Ing. Germán Ñacato

**Diagramación:**

**Impresión:**

## Presentación

El Departamento de Ciencias de la Computación (DECC) de la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE) consciente de la importancia de contar con un instrumento de difusión del quehacer académico e investigativo, pone en consideración de la comunidad la revista técnica titulada “DECC *Report Tendencias en Computación*”.

La Investigación es el idioma universal de la ciencia que posibilita el avance en todos los campos y el intercambio y transferencia de tecnología. En este contexto, en el primer volumen se recogen los resultados de tres proyectos de iniciación científica desarrollados en el DECC y comprende cinco reportes técnicos de tesis de pregrado que han sido elaborados por egresados y profesores del DECC, los mismos que atravesaron por un riguroso proceso de selección, revisión y arbitraje. Estas publicaciones reportan trabajos técnicos-científicos en Ingeniería de Software, Tecnologías de Virtualización, Simulación de redes, Programación Orientada a Objetos, Datawarehouse, Multimedia, IVR y tecnologías de código de barras.

Dado el vertiginoso avance de la ciencia y la tecnología en el campo de la Computación, así como el crecimiento exponencial del Internet, de sus aplicaciones o servicios, y de la dinámica de la tecnología, considero que “DECC *Report Tendencias en Computación*” es una gran oportunidad para presentar los avances y logros en el campo de las Ciencias de la Computación y ramas afines en el contexto de la investigación, innovación, desarrollo tecnológico y emprendimiento.

Por tanto “DECC *Report Tendencias en Computación*” constituye un medio de difusión local y nacional, cuya información esperamos resultará de interés para docentes, investigadores y estudiantes, invitándoles a aprovechar su contenido y a continuar enviando sus contribuciones en las siguientes ediciones semestrales.

El Editor.

## Sumario

### Volumen 1, número 1, 2009

<b>Guía de Aplicación de la Técnica de Calidad Seis Sigma en el Proceso de Desarrollo de Software</b> C. Hinojosa, D. Monge, V. Mosquera	5-15
<b>Modelado Orientado a Objetos para evaluar Métodos Numéricos utilizando Interfaces Visuales.</b> F. Meneses, W. Fuertes	16-24
<b>“Evolution”, Aplicación Tridimensional Interactiva Visual basada en el Framework XNA.</b> C. Viteri, N. Ortiz, G. Raura, D. Martínez	25-33
<b>Evaluación del Rendimiento de Redes IP utilizando Plataformas de Virtualización y Métodos de Simulación</b> W. Fuertes, L. Jácome, M. Grijalva, J. E. López de Vergara, R. Fonseca.	34-43
<b>Sistema Multimedia para la Enseñanza de Lenguaje y Comunicación, Unidad de Ortografía y Redacción, para el Sexto Año de Educación Básica.</b> E. Alvear, C. Hinojosa, D. Martínez	44-53
<b>Bolsa de Empleo para Discapacitados utilizando Respuesta Interactiva de Voz y Transformación de Texto a Audio</b> E. Hidalgo, R. Fonseca, C. Anchundia	54-61
<b>Control y Verificación de asistencia para estudiantes de la Modalidad de Estudios a Distancia usando colectores de Datos y Tecnología de Código de Barras.</b> C. Andrade, S. Cárdenas, G. Raura	62-71
<b>Diseño e implementación de una arquitectura de Datawarehouse Escalable</b> P. Garzón, C. Rojas, M. Almache	72-80

**“DECC Report**

**Tendencias en Computación”**

**REVISTA TECNICA DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACION.**

ISSN 1390-5236

© 2009, ESPE, Sangolquí-Ecuador

## **Guía de Aplicación de la Técnica de Calidad Seis Sigma en el Proceso de Desarrollo de Software**

C. Hinojosa, D. Monge, V. Mosquera

*Carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador  
chinojosa@espe.edu.ec, daanmove1@msn.com, mosqueravanessa79@gmail.com*

**RESUMEN:** El objetivo del presente proyecto, ha sido desarrollar una guía que permita mejorar el nivel de eficiencia en el control de calidad del proceso de desarrollo de software, aplicando la técnica Seis Sigma, en base a un análisis situacional que evidencie la realidad de las prácticas de calidad en la industria del software ecuatoriano. Los fundamentos sobre el proceso de desarrollo de software, certificaciones de calidad, y Seis Sigma, fueron obtenidos mediante una metodología de investigación tipo bibliográfica documental. El estudio estadístico se realizó empleando encuestas, estableciendo un muestreo sistemático que asegure la disminución de errores y la obtención de resultados representativos. La guía de aplicación Seis Sigma procura ser una alternativa para la industria del software, que busca enmarcar sus proyectos bajo estándares de calidad, sin sacrificar demasiados recursos. El estudio estadístico demostró que la industria ecuatoriana de software presenta ambigüedades sobre actividades y técnicas de aseguramiento de calidad. Por ello, la elaboración de la guía se estructuró en un contexto simple para facilitar su adaptación en las organizaciones, evidenciando que el nivel de madurez, infraestructura, y recursos de la organización, son independientes cuando se trata de encausar los proyectos de software bajo estándares de calidad Seis Sigma.

**ABSTRACT:** The objective of this project was to develop a guide to improve the level of efficiency in the quality control of software development process, by applying Six Sigma techniques, based on a situational analysis which evidences the reality of practices quality in the software industry in Ecuador. The fundamentals of the process of software development, quality certifications and Six Sigma, were obtained by a research methodology type documentary record. The statistical analysis was conducted using surveys, establishing a systematic sampling to ensure the reduction of errors and to obtain representative results. The Six Sigma implementation guide aims to be an alternative for the software industry, which seeks to frame their projects meet the quality standards, without sacrificing too many resources. The statistical study showed that Ecuador's software industry presents ambiguities on activities and quality assurance techniques. Therefore, the development of the guide is structured in a simple context to facilitate their adaptation in organizations, suggesting that the level of maturity, infrastructure, and organizational resources are independent when it comes to prosecuting software projects under standards Six Sigma quality.

## 1. INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento de la industria de software en el Ecuador, ha generado una competitividad considerable entre las empresas del sector. Por esta razón, las organizaciones requieren la aplicación de factores diferenciadores que aseguren la calidad de sus sistemas.

El cliente, al momento de elegir un sistema, se fija entre otras cosas, en la calidad del producto, avalado por certificaciones y técnicas de calidad que pueden adoptar las empresas. Dentro del equipo de desarrollo de software, la administración de tareas, la asignación de recursos, el seguimiento, la gestión de cambio y riesgos, en ocasiones se vuelven inmanejables, ya que no existe ningún tipo de registro y/o estándar que marque parámetros confiables para la gestión.

En el mercado existen certificaciones o técnicas de calidad para el proceso de desarrollo de software, que muchas veces son rechazadas por las organizaciones, ya sea por desconocimiento o por escepticismo al cambio. A nivel nacional, las empresas del sector se enmarcan en alternativas como ISO9001, y la certificación de madurez CMMI. Cabe señalar, que la ISO9001 es una certificación de calidad enfocada en la administración de procesos en general, lo cual limita su aplicación en aspectos específicos del proceso de desarrollo de software; mientras que la certificación CMMI brinda una estructura mucho más sólida, enfocada netamente al software [1], pero limita a las organizaciones ecuatorianas por el considerable porcentaje de recursos que deben invertir.

Existen mitos que han evitado que las empresas de software nacional busquen alternativas en el aseguramiento de calidad, como son: nivel de madurez, estructura de la organización, número de empleados, etc. [6]; que han generado la difusión errónea de aspectos referentes a la calidad, haciendo de éste, un problema más de cultura, que de recursos. Ante este escenario, el presente artículo describe la propuesta de una técnica de aseguramiento de calidad en el proceso de desarrollo de software, basado en Seis Sigma. Inicialmente se realizó una investigación documental bibliográfica sobre fundamentos de dicha técnica; posteriormente, mediante un muestreo sistemático [7] y una investigación de campo, se recopiló aspectos relevantes relacionados al proceso de desarrollo de software, calidad del mismo, certificaciones, y conocimiento de la técnica Seis Sigma, con la finalidad de generar un estudio estadístico que permita realizar un análisis situacional de la industria del software en Ecuador. Finalmente, al asociar la documentación y el análisis situacional, se generó una guía sencilla de aplicación de la técnica al proceso de desarrollo de software, como herramienta para mejorar las prácticas de calidad.

El artículo ha sido organizado como sigue: La sección 2 describe la metodología utilizada para la recopilación de información sobre los fundamentos de Seis Sigma; procedimiento para el cálculo de la muestra empleada en la investigación de campo, y una descripción de la estructura de la guía. La sección 3 detalla las consideraciones seguidas en el estudio estadístico. En la sección 4, se describe el desarrollo de la guía. En la sección 5, se analizan algunos trabajos relacionados. Finalmente, en la sección 6, se presentan las conclusiones y trabajos futuros sobre los resultados obtenidos.

## 2. MÉTODOS

### 2.1 Método de Investigación Documental

La técnica Seis Sigma es un tema relativamente nuevo cuando se trata de asociarlo al proceso de desarrollo de software; por ello, fue necesario realizar una investigación documental bibliográfica de fuentes primarias y secundarias obtenidas en el extranjero, donde la aplicación de esta técnica al proceso de desarrollo de software, ha tenido éxito en organizaciones mundialmente reconocidas como Motorola, AT&T y Siemens [2].

## 2.2 Método de Investigación de Campo y Cálculo de la Muestra

Al realizar el estudio estadístico, se realizó un cálculo de muestra basado en información obtenida de la Asociación de Empresas Ecuatorianas de Software (AESOFT) [8], para determinar la distribución demográfica de las organizaciones desarrolladoras en Ecuador, constatando una concentración del sector en las ciudades de Quito y Guayaquil principalmente.

Al determinar la población factible, que asciende a 212 empresas, se procedió al cálculo de la muestra a través de la ecuación (1):

$$n = \frac{PQN}{(N - 1) \times \frac{E^2}{K^2} + PQ} \quad (1)$$

Donde:

$N$  = conjunto universo o población (número total de posibles encuestados).

$n$  = tamaño de la muestra.

$P$  = proporción de individuos de la población que poseen la característica de estudio.

$Q$  = 0.25 es la proporción de individuos que no poseen esa característica.

$N - 1$  = corrección para métrica constante para cálculo de muestras grandes.

$E$  = (0.1 a 0.5: entre 1 y 10 %). Es la diferencia que puede haber entre el resultado obtenido preguntando a una muestra de la población y el obtenido si se preguntara al total de ella.

$K$  = constante que depende del nivel de confianza asignado. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de la investigación sean ciertos (ver Tabla 1).

Tabla 1. “Niveles de confianza utilizados para el cálculo de una muestra”.

K	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95,5%	99%

## 2.3 Estructura de la Guía de Aplicación Seis Sigma al Proceso de Desarrollo de Software.

La guía de aplicación Seis Sigma adoptó una estructura jerárquica, compuesta por las actividades que conforman las fases del proceso de desarrollo de software; enfatizando los objetivos que se buscan alcanzar en cada actividad, formato de registros, y consideraciones Seis Sigma que asocian los procedimientos a los lineamientos de calidad que establece la técnica. Cabe resaltar la importancia de la navegabilidad en el documento, por la recurrencia en el uso de los formatos, y la facilidad de reutilización que genera al equipo de desarrollo en proyectos futuros.

## 3. ESTUDIO ESTADÍSTICO SITUACIONAL DE PRÁCTICAS DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA DE DESARROLLO DE SOFTWARE EN ECUADOR

### 3.1 Objetivo

Realizar un análisis situacional de prácticas de calidad en la industria de desarrollo de software en Ecuador.

### 3.2 Encuesta

Para la investigación exploratoria se diseñó una encuesta con preguntas cerradas y abiertas, estas últimas permitieron esclarecer la aplicación empírica de conceptos relacionados principalmente a la técnica de calidad Seis Sigma.

La encuesta fue elaborada considerando la siguiente estructura:

*Encabezado:* Identifica la institución que auspicia la encuesta (Escuela Politécnica del Ejército).

*Objetivo e indicaciones generales:* Se detalla la finalidad que persigue la encuesta, así como el tiempo promedio que requiere el encuestado para completar la información.

*Cuestionario:* Agrupa el conjunto de preguntas que conforman la encuesta, las cuales se encuentran subdivididas en las siguientes secciones:

- Datos del encuestado.
- Proceso de desarrollo de Software.
- Calidad del software.
- CMMI.
- Seis Sigma.
- Seis Sigma y el Proceso de Desarrollo de Software.
- CMMI y Seis Sigma.

### **3.2.1 Medios utilizados.**

Los medios utilizados para la aplicación de la encuesta, fueron de dos tipos:

#### *a) Documento escrito.*

Se contó con la colaboración de estudiantes con conocimientos en el área de Ingeniería de Software y técnicas de calidad en el proceso de desarrollo de software, para que satisfagan las inquietudes de los encuestados. Los estudiantes encuestaron empresas ubicadas en la ciudad de Quito, portando una carta de auspicio que comprometió a la institución a mantener seriedad y confidencialidad con la información proporcionada.

#### *b) Encuesta virtual.*

Se desarrolló un modelo de encuesta virtual, a través del sitio web [www.encuestafacil.com](http://www.encuestafacil.com). El acceso a la encuesta fue posible con el link <http://www.encuestafacil.com/RespWeb/Qn.aspx?EID=412326>.

### **3.3 Empresas Participantes**

Con la finalidad de garantizar que la muestra represente de manera fidedigna la situación actual de la industria del desarrollo de software en Ecuador, fue necesario diferenciar las empresas (públicas y privadas), y/o departamentos de sistemas, de las empresas que tienen como razón comercial el desarrollo de software, lo que permitió cumplir las siguientes metas:

Clasificar en tres categorías las empresas involucradas en el proceso de desarrollo:

- *Empresas públicas*, con un departamento de sistemas que desarrolla software.
- *Empresas privadas*, con un departamento de desarrollo de software.
- *Empresas desarrolladoras de software*.

Los encuestados de cada empresa, desempeñaron de preferencia el cargo de Jefe, Gerente o Líder de proyectos de desarrollo de software; por considerar que su conocimiento y experiencia en el tema, aporta con mayor información al estudio estadístico.

### **3.4 Resultados**

Como resultados obtenidos en el estudio estadístico, se evidenció que el modelo incremental y el de prototipado son los más utilizados, [5] y la metodología estructurada con sus variantes, ya sea orientada a datos, a procesos o mixta tienen la preferencia de uso en el desarrollo de software (ver Figuras 1 y 2).



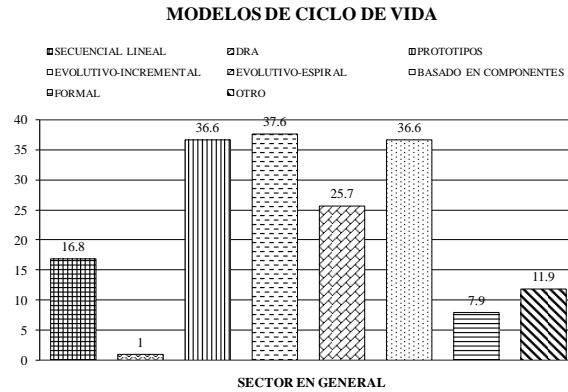


Figura No. 1 Modelos de ciclo de vida.

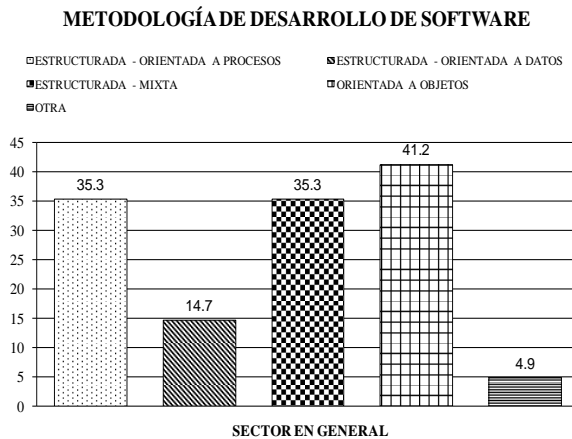


Figura No. 2 Metodologías de desarrollo de software utilizadas.

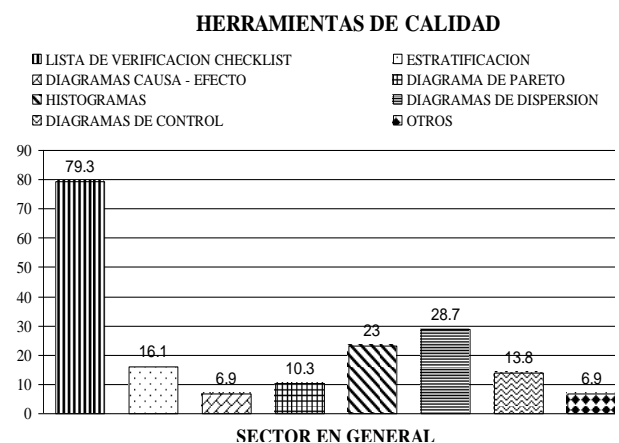


Figura No. 3 Herramientas de calidad empleadas.

En relación al aseguramiento de calidad, se evidenció un considerable porcentaje de organizaciones que aplican algún tipo de herramienta de calidad en ciertas fases del proceso de desarrollo, pero de éstas, existe un número reducido que se han enmarcado bajo lineamientos de técnicas y/o certificaciones de calidad [4] (ver Figuras 3 y 4).

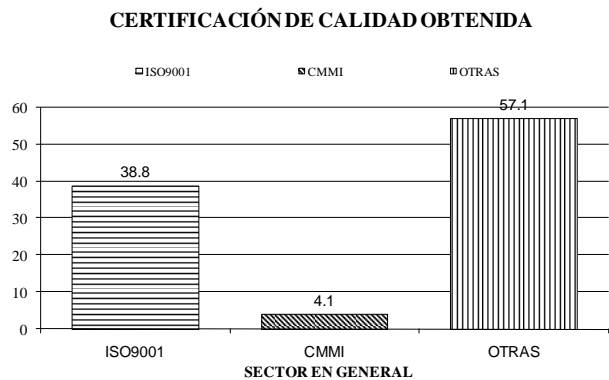


Figura No. 4 Certificaciones de calidad adquiridas.

El grado de conocimiento de los fundamentos, alcance y herramientas de Seis Sigma y su correspondencia con otras certificaciones de software es limitado, evidenciando la necesidad de realizar una guía sencilla, para no entorpecer el proceso de adaptación de las organizaciones, con terminologías y formatos complejos (ver Figura 5).

En relación a las fases que conforman el proceso de desarrollo de software, se observó que la gran mayoría de organizaciones no conservan registros de las actividades que se realizan en un proyecto; además, la participación del cliente y la comunicación entre los miembros del equipo de desarrollo es escasa; la estructura de los equipos de desarrollo está asignada muchas veces de forma empírica, descuidando cargos como auditoría, aseguramiento de calidad, gestión de riesgos, etc.

**PROMEDIO PERSONAS FAMILIARIZADAS CON SEIS SIGMA**

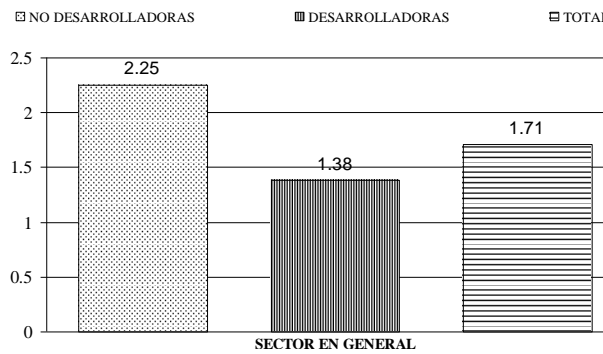


Figura 5 No. Personas del equipo de desarrollo de software familiarizadas con la técnica Seis Sigma.

Las herramientas y procedimientos que se utilizan para cubrir ciertas actividades del proceso de desarrollo, son distintas a las sugeridas por la técnica de calidad Seis Sigma, haciendo más difícil su adaptación.

Uno de los fundamentos de Seis Sigma es el bienestar e importancia del cliente interno y externo, al comparar este postulado con el bajo porcentaje de empresas que realizan algún tipo de reconocimiento de sus miembros al finalizar un proyecto exitoso, o el número de organizaciones que realizan una evaluación de satisfacción del sistema entregado, los resultados obligaron a priorizar dichos aspectos en la guía de aplicación Seis Sigma.

Para explicar la correspondencia entre las fases del proceso de desarrollo de software, y el modelo DMAIC de Seis Sigma, que permita una adecuada adaptación de la técnica en las organizaciones desarrolladoras, se generó la matriz que se presenta a continuación, en la cual se detallan los objetivos de cada actividad, tareas sugeridas, y las técnicas y/o herramientas que provee Seis Sigma para garantizar la generación de registros, y el manejo adecuado de la información para un determinado proyecto.

Matriz 1. “Extracto de Matriz Homologada del Proceso de Desarrollo de Software Vs DMAIC”.

FASES SDLC	OBJETIVOS	FASES DMAIC	ACTIVIDADES	TAREA	ENTREGABLE
4 <b>Construcción</b>	<i>Producir un código de programa ejecutable.</i>	<i>Mejorar</i>	<i>1. Determinar puntos de control.</i>	Realizar revisiones imparciales del código, identificando problemas y áreas de mejora.	Checklist de puntos de control del sistema.
	<i>Desarrollar un sistema libre de defectos que cumpla con los requerimientos del cliente.</i>		<i>2. Prevenir Defectos.</i>	Localizar los defectos, y prevenirlos para evitar recurrencia.  Medir y realizar un análisis de las cuales raíces y ciclo de vida de los defectos.	Registro de análisis de errores.  Diagrama de frecuencia de errores.
5 <b>Evaluación y aseguramiento de calidad</b>	<i>Demostrar que los desarrolladores conocen y entienden los requerimientos del cliente.</i>	<i>Mejorar</i>	<i>1. Desarrollar el Plan de Evaluación</i>	Identificar los tipos de evaluaciones que se van a realizar.  Estructurar el plan de evaluación para el nuevo sistema.	Tipos de evaluaciones del sistema escogidas.  Plan de evaluación del sistema.
	<i>Probar el desempeño e interacción del sistema en el mundo real.</i>		<i>2. Ejecutar el Plan de Evaluación</i>	Ejecutar el plan de evaluación de acuerdo a los tipos de evaluaciones seleccionadas en concordancia con la naturaleza del sistema.	Casos de evaluación - ejecución del plan de evaluación.

#### 4 DESARROLLO DE LA GUÍA DE APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE CALIDAD SEIS SIGMA AL PROCESO DE DESARROLLO DE SOFTWARE

Una vez que se realizó el estudio exploratorio de las prácticas de calidad en el proceso de desarrollo de software en Ecuador, se planteó la estructura y contenidos técnicos de la guía, considerando particularidades propias de la industria, enfatizando en una estructura sencilla, acorde al nivel de conocimiento que poseen las organizaciones sobre la aplicación de técnicas de calidad.

La guía está dividida en seis secciones, correspondientes a las seis fases genéricas del proceso de desarrollo de software. En cada fase se indican los objetivos que debe cumplir el equipo de desarrollo, para considerar exitoso el trabajo realizado. Dentro de cada fase se detallan las actividades que la conforman. Cada actividad está conformada por tareas, entregables, consideraciones Seis Sigma y formatos sugeridos (ver Figura 6).

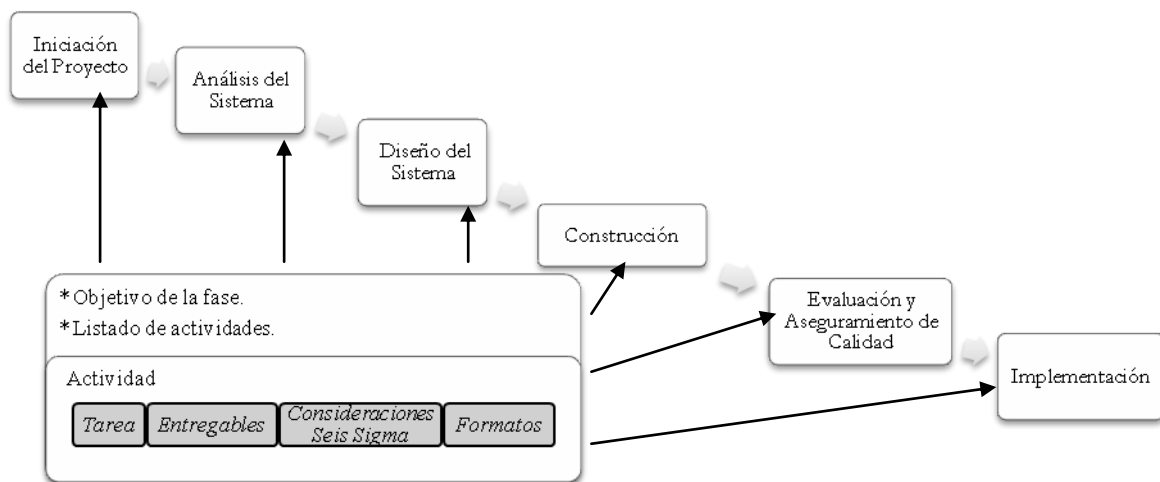


Figura No. 6 “Estructura de la Guía de Aplicación de la Técnica Seis Sigma al Proceso de Desarrollo de Software”

La guía consta de una introducción que describe brevemente la estructura de la misma, y justifica su elaboración de acuerdo al análisis situacional de la industria de software nacional.

Al considerar la información obtenida a través del método documental sobre la técnica Seis Sigma, la guía especifica el modelo que se utilizó para su elaboración. Los modelos pueden ser DMAIC o DFSS (ver Matriz 2), los cuales comparten en esencia las mismas fases y actividades; su principal diferencia radica en que DMAIC se basa en la definición de procesos, mientras que DFSS considera el diseño de procesos desde cero [6]. Es necesario aclarar que cualquiera de los modelos puede ser adaptado al proceso de desarrollo de software, y dependen principalmente de la configuración de trabajo que posee cada organización. La justificación para la elaboración de la guía bajo el modelo DMAIC, se evidencia en el análisis estadístico, en donde se observó que más del 70% de la muestra, afirma que sus procesos son producto de la mejora continua, mas no del diseño independiente de los mismos.

Los entregables se refieren al registro, tabla o esquema que forman parte de la documentación complementaria de todo proyecto de software. Cada uno de estos entregables están codificados, para facilitar el control y navegabilidad en el documento, a lo largo del proceso de desarrollo de un proyecto. Estos códigos están compuestos por dos siglas que hacen referencia a la fase que pertenecen, tres siglas adicionales que especifican la actividad, y un número que permite controlar la progresión entre formatos.

Las consideraciones Seis Sigma, son postulados adicionales por cada tarea, que especifica particularidades que se deben tomar en cuenta para enmarcar al equipo de desarrollo y al proyecto bajo estándares propios de la técnica.

Matriz 2. “Comparación entre los modelos DMAIC y DFSS”.

Modelos Seis Sigma	DMAIC	DFSS
Acción tomada	Análisis	Diseño
Coordinación de acción	En cualquier punto del ciclo de vida del proceso.	Antes del inicio de desarrollo del proceso.
Acción sobre	Cualquier porción de procesos existentes.	Totalidad de nuevos procesos.
Efectos	Prevención de defectos.	Prevención de defectos, incremento de calidad, incremento de la satisfacción del cliente.
Efectos en	Todos los productos.	Todos los productos.
Necesidad de repetición	Ninguna	Ninguna

La sección denominada “Formato”, presenta una estructura genérica para incorporar la información que se requiere en cada actividad del proceso de desarrollo de software, considerando el manejo de estándares, tanto en fondo como en forma. Un ejemplo de los formatos que incorpora la técnica Seis Sigma para el proceso de desarrollo de software, es la matriz para Análisis de Errores, perteneciente a la fase de Construcción (ver Matriz 3).

Matriz 3. “Formato para Análisis de Errores”.

CÓDIGO FORMATO: CN-PDF-39		ANÁLISIS DE ERRORES											
Nombre del sistema											Preparado por		
Módulo											Fecha		
Error	Tipo de error			Errores raíces					Error de fase se introdujo				
	Errores lógicos	Falta lógica	Sentencias de programación con errores	Requerimientos	Descuido	Defectos de diseño	Requerimientos incompletos	Falta de entrenamiento	Codificación	Diseño del programa	Diseño	Diseño funcional	Determinación de requerimientos
Error 1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Error 2													
Error n													
Totales													

\* Asigna 1 por cada tipo de error presente.

Además, se puede constatar la relación entre la codificación especificada en la sección de “Entregable”, y la que se presenta en cada uno de los formatos sugeridos.

Finalmente, la guía cuenta con un glosario de términos, para explicar abreviaturas o definiciones propias de la técnica Seis Sigma; además, al final de la misma, se incorporan conclusiones y recomendaciones que hacen hincapié en la implementación de ciertos fundamentos, que garantizan una eficiente adaptación de las empresas desarrolladoras a los estándares propuestos por la técnica.

## 5 TRABAJOS RELACIONADOS

A nivel nacional, se han realizado investigaciones relevantes relacionadas con el proyecto de investigación detallado en el presente artículo técnico.

En [9], considerando una muestra de 30 empresas entre Guayaquil, Quito, y Cuenca, se realizó un estudio estadístico exploratorio para determinar el nivel académico del recurso humano, estándares de calidad, y mecanismos de control de calidad aplicados en las empresas

desarrolladoras de software; omitiendo el análisis de herramientas, registros, y formatos, que garanticen un adecuado tratamiento de la información, a lo largo de un determinado proyecto.

En [10], se tomó como referencia una muestra de 63 empresas entre Quito y Guayaquil, realizando un estudio exploratorio cuyos objetivos fueron la identificación de procesos de desarrollo donde se asignan más recursos, metodologías más utilizadas, y métricas de calidad aplicadas. No se consideraron estrategias y escenarios de adaptación de los diferentes estándares y métricas de calidad al proceso de desarrollo de software genérico [3].

En [8], se realizó un estudio en base a una muestra de 67 empresas del Ecuador, para determinar niveles de exportación, servicios prestados, ventas generadas, sectores atendidos, y principales dificultades para el crecimiento de la industria. En términos de calidad de software, sólo se especifica el nivel de conocimiento y preparación que posee el recurso humano dentro de las organizaciones desarrolladoras, dejando de lado el análisis del conocimiento, y porcentaje de aplicación de estándares y métricas de calidad.

## 6 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La guía de aplicación de la técnica de calidad Seis Sigma al proceso de desarrollo de software, fue diseñada procurando brindar la mayor facilidad para su aplicación como alternativa factible en la industria de desarrollo ecuatoriana, proveyendo de formatos, ayudas, y consideraciones requeridas para su adaptación. Cabe señalar que el éxito de la aplicación de la guía, requiere que el personal sea previamente capacitado en fundamentos de calidad de software y en los principios de la técnica Seis Sigma. Las herramientas y técnicas sugeridas en la guía de aplicación Seis Sigma, hace hincapié en la importancia y atención que merece la comunicación entre los miembros del equipo de desarrollo, y principalmente con el cliente.

Según las consideraciones Seis Sigma contempladas en la guía, se hace necesario realizar ciertas modificaciones en las cláusulas y estamentos que conforman los contratos de proyectos de software, en donde se deberían establecer entre otras cosas: períodos realistas, integración de un equipo de desarrollo correctamente estructurado, recursos distribuidos adecuadamente, participación del cliente y un plan de evaluación y control del sistema. Con el propósito de mejorar las prácticas de desarrollo de software en el Ecuador, es necesario contar con la activa participación de las empresas desarrolladoras, conjuntamente con las instituciones de educación superior, para beneficio del país.

Siendo una guía inédita de aplicación sencilla al proceso de desarrollo de software, el trabajo que se realizará de manera inmediata será la aplicación de la guía en un determinado proyecto de desarrollo, donde se compruebe la viabilidad y factibilidad de la misma. Posteriormente, se sugiere desarrollar un aplicativo que permita automatizar las actividades planteadas en la guía.

Es conveniente iniciar una investigación que determine técnicas de conformación de equipos de desarrollo de software según la naturaleza del proyecto, donde se contemple factores de ausentismo, rotación, cargos, tiempo, variabilidad, equipos, entre otros. Por la importancia que tiene la técnica QFD (quality function deployment) en la aplicación de la técnica Seis Sigma, es necesario profundizar en el tema, resaltando los métodos de aplicación y su correspondencia con ponderaciones y factores probabilísticos que permite categorizar y priorizar de mejor forma los requerimientos del sistema.

## 7 REFERENCIAS

- [1]. Persee James R. (2006), Process Improvement Essentials. Editorial O'Reilly. ISBN -13 9780596102173.
- [2]. Susan K. Land, Douglas B. Smith, John W. Walz (2008), Practical Support for Lean Six Sigma Software Process Definition: Using IEEE Software Engineering Standards. Editorial John Wiley & Sons. ISBN 978047017080.
- [3]. Jeannine M. Sivi, M. Lynn Penn, Robert W. Stoddard (2007), CMMI and Six Sigma: partners in process improvement. Editorial Addison-Wesley. ISBN-13 9780321516084.

- [4]. Stephen H. Kan (2003), *Metrics and Models in Software Quality Engineering*. Segunda Edición. Editorial Addison-Wesley. ISBN-13: 9780201729153.
- [5]. Pressman, Roger (2002), *Ingeniería del Software – Un Enfoque Práctico*. Quinta edición. Editorial Mac Graw Hill.
- [6]. Tayntor, Christine B. (2005), *Six Sigma Software Development*. Editorial Aurerbach. ISBN-13 9781420044263.
- [7]. Padilla Ulloa, Edgar. (2008), *Metodología de la Investigación Científica para Proyectos*.
- [8]. AESOFT (2005), “Primer Estudio de la Industria de Software en Ecuador”, publicado en [www.aesoft.com.ec](http://www.aesoft.com.ec).
- [9]. ESPOL (2003), “Estudio Estadístico Exploratorio de las Empresas Desarrolladoras de Software asentadas en Guayaquil, Quito y Cuenca”. Publicado en [www.vlir8.espol.edu.ec/AppVlir8/articulos/articulo90.pdf](http://www.vlir8.espol.edu.ec/AppVlir8/articulos/articulo90.pdf).
- [10]. ESPOL (2005), “Estudio Exploratorio sobre Aspectos de la Calidad y Dificultad en la Gestión de Proyectos de Software”. Publicado en [www.fiec.espol.edu.ec](http://www.fiec.espol.edu.ec).

# Modelado Orientado a Objetos para evaluar Métodos Numéricos utilizando Interfaces Visuales.

F. Meneses, W. Fuertes

*Departamento de Ciencias de la Computación, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí-Ecuador*

[fmenesesb, wfuertes}@espe.edu.ec](mailto:{fmenesesb, wfuertes}@espe.edu.ec)

**RESUMEN:** La programación orientada a objetos (POO) desde hace varios años se ha convertido en uno de los motores clave para implementar cálculos de ingeniería en sus diversas aplicaciones. El presente trabajo de investigación tiene como propósito evaluar varios métodos numéricos, diseñando un modelo único, implementando los algoritmos orientados a objetos de estos métodos y evaluando sus resultados. Para validar este modelo, se ha implementado una interfaz visual (interfaz gráfica de usuario, GUI) incorporando técnicas orientadas a objetos. Los resultados experimentales permiten comparar la eficiencia computacional de los métodos numéricos para el cálculo de raíces reales de funciones trascendentes y polinómicas.

**ABSTRACT:** The object-oriented programming (OOP) for several years has become one of the key drivers for implementing engineering calculations in its various applications. This research work proposes to evaluate various numerical methods, designing a unique model, implementing the object-oriented algorithms of these methods and evaluate their results. To validate this model, we have implemented a visual interface (graphical user interface, GUI) incorporating object-oriented techniques. The experimental results allow us to compare the computational efficiency of numerical methods for calculating real roots of polynomial and transcendental functions.

## 1. INTRODUCCIÓN

La programación orientada a objetos (POO) desde hace varios años se ha convertido en uno de los motores clave para implementar cálculos de ingeniería en sus diversas aplicaciones. El desarrollo de la POO es un enfoque basado en la creación de modelos del mundo real y la implementación de programas informáticos basados en esos modelos.

Debido a la factibilidad de resolución de problemas de complejidad matemática que tiene la POO, se está utilizando en aplicaciones de cálculo numérico como son: interpolación de funciones, derivación e integración numérica, sistemas de ecuaciones lineales y no lineales, regresión lineal, resolución de ecuaciones diferenciales, etc. En concreto, la POO ha permitido la optimización de esfuerzos en la implementación de los algoritmos, su reutilización, e inclusive su aplicación en el Web con ligeros cambios.

Sin embargo, en la actualidad, los métodos numéricos específicamente, han sido implementados por lo general utilizando programación Estructurada en una interfaz a modo de texto. Del mismo modo, al tratar un problema completo (regresión lineal por ejemplo), no se considera la integración de los métodos numéricos. Así mismo, los métodos numéricos se tratan de una manera aislada y no se establece la relación que existe entre ellos provocando errores en los cálculos y duplicación de código.

Ante estos problemas, la presente investigación tiene como propósito evaluar varios métodos numéricos, diseñando un modelo único, implementando los algoritmos orientados a objetos de estos métodos y evaluando sus resultados. Para llevarlo a cabo, se ha realizado un análisis de los métodos numéricos que permiten calcular raíces reales de ecuaciones de la forma  $F(X)=0$ , donde  $F(X)$  es una función con una variable independiente trascendente o polinómica. Una vez identificados, se ha diseñado un modelo (diseño de un diagrama de clases) que integre en el mismo operaciones para lectura-escritura en archivos; manipulación de componentes visuales, los métodos numéricos para el cálculo de raíces reales, métodos para evaluar polinomios y sus respectivas derivadas. Para validar este modelo, se ha implementado una interfaz visual (aplicativo) incorporando técnicas orientadas a objetos.

En consecuencia, las contribuciones de este estudio son: *i)* obtener una comparación de la eficiencia de la aplicación de diversos métodos numéricos; *ii)* el diseño de un modelo único de interfaz visual orientada a objetos; *iii)* la implementación de una librería común de clases, que permite la reutilización de código, tanto para funciones trascendentes como para polinómicas.

El resto del artículo ha sido organizado como sigue: La sección 2 describe los fundamentos teóricos de los métodos numéricos que han sido modelados. La sección 3 detalla el diseño, e implementación de algoritmos. En la sección 4 se muestran y discuten los resultados experimentales. En la sección 5, se analizan algunos trabajos relacionados. Finalmente, en la sección 6, se presentan las conclusiones y líneas de trabajo futuro sobre la base de los resultados obtenidos.

## 2. METODOS NUMERICOS

Existen varios métodos numéricos para calcular raíces reales [1]. Aquellos que han sido considerados en este artículo, ya que son los que mas se utilizan en centros de investigación fueron: Bisección, Aproximaciones sucesivas, Aproximaciones sucesivas modificado, Régula-Falsi, Secante y el método de Newton-Raphson.

La implementación de los algoritmos orientados a objetos de estos métodos necesita de las siguientes entradas:  $F(X)$ ,  $XI$ ,  $XD$ ,  $PRECISION$ , donde  $F(X)$  es la función continua;  $XI$  y  $XD$  son las abscisas izquierda y derecha, respectivamente, entre las que puede estar por lo menos una raíz real;  $PRECISION$  es el margen de error que se produce al efectuar el cálculo de una raíz. A continuación se describen brevemente algunos de ellos y de una manera detallada el método Newton-Raphson, por ser el de mayor eficiencia:

### 2.1 Método de la Bisección:

Consiste en acortar el intervalo de las abscisas, calculando su valor medio  $X_m$ , luego se calcula  $F(X_m)$  y se aproxima a la abscisa cuya ordenada tiene el mismo signo de  $F(X_m)$ .

### 2.2 Método de aproximaciones sucesivas:

Para este método, se transforma la ecuación  $F(X)=0$ , en  $Y= f_m(X) = X$ , a continuación se aplican las fórmulas recurrentes:

$X1=f_m(X0)$ ;  $X2=f_m(X1)$ ;  $X3 = f_m(X2)$ ; ...;  $X_{i+1} = f_m(X_i)$ , tal que se cumpla:

$$|X_{i+1} - X_i| \leq PRECISION$$

Este método tiene el inconveniente de que no siempre se converge a la raíz; solo existe convergencia para cuando  $|f'_m(X)| \leq 1$ .



### 2.3 Método de aproximaciones sucesivas modificado:

Este método, aplica el mismo principio de su antecesor, pero introduce un factor de corrección ( $\beta$ ), que permite una convergencia mas rápida (ver ecuaciones (1)-(7)).

$$\Delta X = X_i - X_{i-1} = fm(X_{i-1}) - X_{i-1} \quad (1);$$

$$X_i = X_{i-1} + \Delta X \quad (2);$$

Aplicando el factor de corrección (2), se convierte en:

$$X_i = X_{i-1} + \beta * \Delta X \quad (3);$$

Reemplazando el miembro de la derecha de (1) en (3), se obtiene la fórmula de recurrencia de este método:

$$X_i = X_{i-1} + \beta * (fm(X_{i-1}) - X_{i-1}) \quad (4);$$

$$Tg(\theta) = (\beta - 1) * \Delta X / (\beta * \Delta X) = (\beta - 1) / \beta \quad (5);$$

$$\text{Despejando de (5), el valor } \beta: \beta = 1 / (1 - Tg(\theta)) \quad (6);$$

$$Tg(\theta) = (fm(X_i) - fm(X_{i-1})) / (X_i - X_{i-1}) \quad (7).$$

Con estos elementos, se puede plantear el algoritmo correspondiente.

### 2.4 Método de Régula-Falsi:

Consiste en trazar una secante que pasa por los puntos A(XI, F(XI)) y B(XD, F(XD)); luego, mediante la ecuación de la línea recta, se calcula la abscisa en el punto C(Xi-2, 0), a continuación se acorta el intervalo, dependiendo del lado donde se encuentre la ordenada. Seguidamente se deduce la fórmula de recurrencia:

La ecuación de recta es:

$$(F(XD) - F(XI)) / (XD - XI) = (F(X_{i-2}) - F(XI)) / (X_{i-2} - XI) \quad (8);$$

$$\text{además } F(X_{i-2}) = 0 \quad (9);$$

Reemplazando (9) en (8) y despejando de (8) Xi-2:

$$X_{i-2} = XI - F(XI) * (XD - XI) / (F(XD) - F(XI)) \quad (10);$$

Reemplazando Xi-2 por Xm, se obtiene la fórmula de recurrencia:

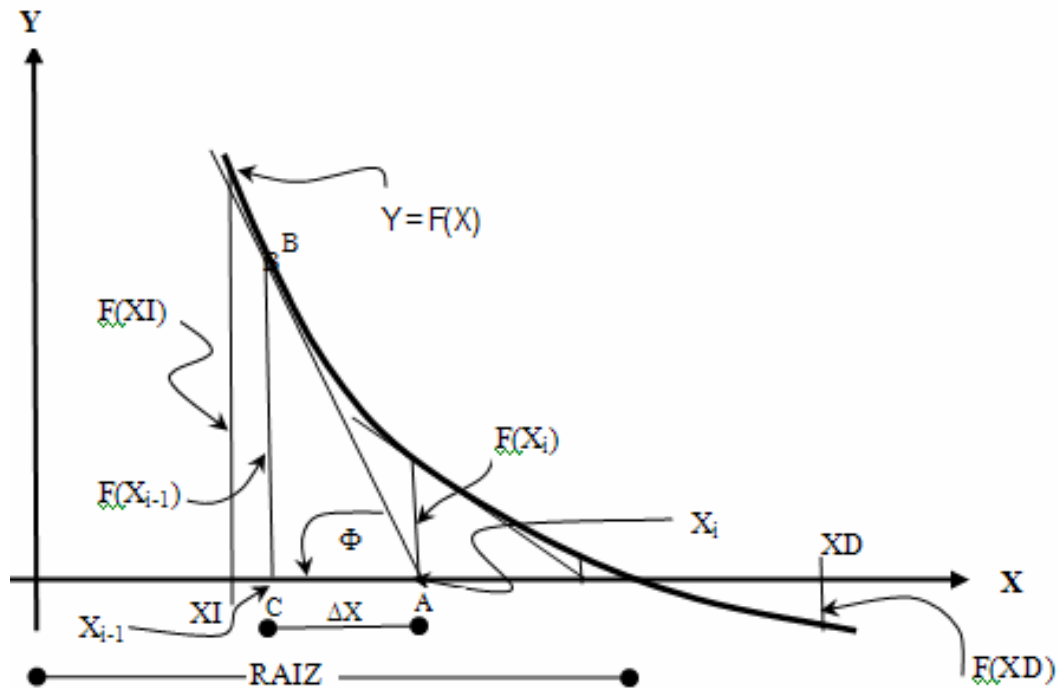
$$X_m = XI - F(XI) * (XD - XI) / (F(XD) - F(XI)) \quad (11).$$

### 2.5 Método de la Secante:

Este método utiliza la fórmula de recurrencia del de Régula-Falsi, calculándose valores consecutivos en las abscisas de uno de los extremos y manteniendo fijo el otro extremo. Aunque este método reduce las comparaciones es ineficiente.

### 2.6 Método de Newton-Raphson:

Este método se basa en el cálculo de la derivada (Ver Figura 1).



**Fig. 1.** Representación de la función  $Y=F(X)$  y su derivada. Esta figura muestra los elementos requeridos para calcular raíces reales por el método de Newton-Raphson.

De acuerdo a la Figura 1:  $\Delta X = X_i - X_{i-1}$  (12);

entonces:  $X_i = X_{i-1} + \Delta X$  (13);

En el triángulo ABC:  $Tg(\Phi) = -F(X_{i-1}) / \Delta X = F'(X_{i-1})$  (14);

Despejando de (14)  $\Delta X$ :  $\Delta X = -F(X_{i-1}) / F'(X_{i-1})$  (15);

Sustituyendo (15) en (13):  $X_i = X_{i-1} - F(X_{i-1}) / F'(X_{i-1})$  (16); la cual es la fórmula de recurrencia para calcular raíces reales por este método.

El algoritmo para el método de Newton-Raphson es el siguiente:

- (a)  $X_m = (X_I + X_D) / 2$
- (b)  $Y_m = F(X_m)$
- (c)  $Y_P = F'(X_m)$
- (d)  $X_m = X_m - Y_m / Y_P$
- (e) REPETIR DESDE EL PASO (b) MIENTRAS  $|Y_m| > PRECISION$
- (f) ESCRIBIR RESULTADOS.

Este es uno de los métodos más simples porque involucra pocas operaciones, y a la vez el más eficiente como se demostrará en las secciones siguientes.

Para acceder al análisis de funciones polinómicas, favor acceder al URL: <http://dcc.espe.edu.ec/~wfuertesd>.

### 3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

#### 3.1 Diseño del Modelo:

Se ha considerado el estándar UML (Lenguaje de modelado unificado) en razón de que el objetivo de UML es que sus modelos sean independientes del lenguaje de implementación, de tal forma que los diseños se puedan implementar en cualquier lenguaje que soporte las posibilidades de UML [2], de manera particular los lenguajes orientados a objetos, como es el caso del lenguaje de esta interfaz visual (Aplicación). La Figura 2 muestra el diagrama de clases de las operaciones para lectura-escritura en archivos, cuadros de diálogo; manipulación de componentes visuales, los métodos numéricos para el cálculo de raíces reales, métodos para evaluar polinomios y sus respectivas derivadas, así como la interrelación entre ellos.

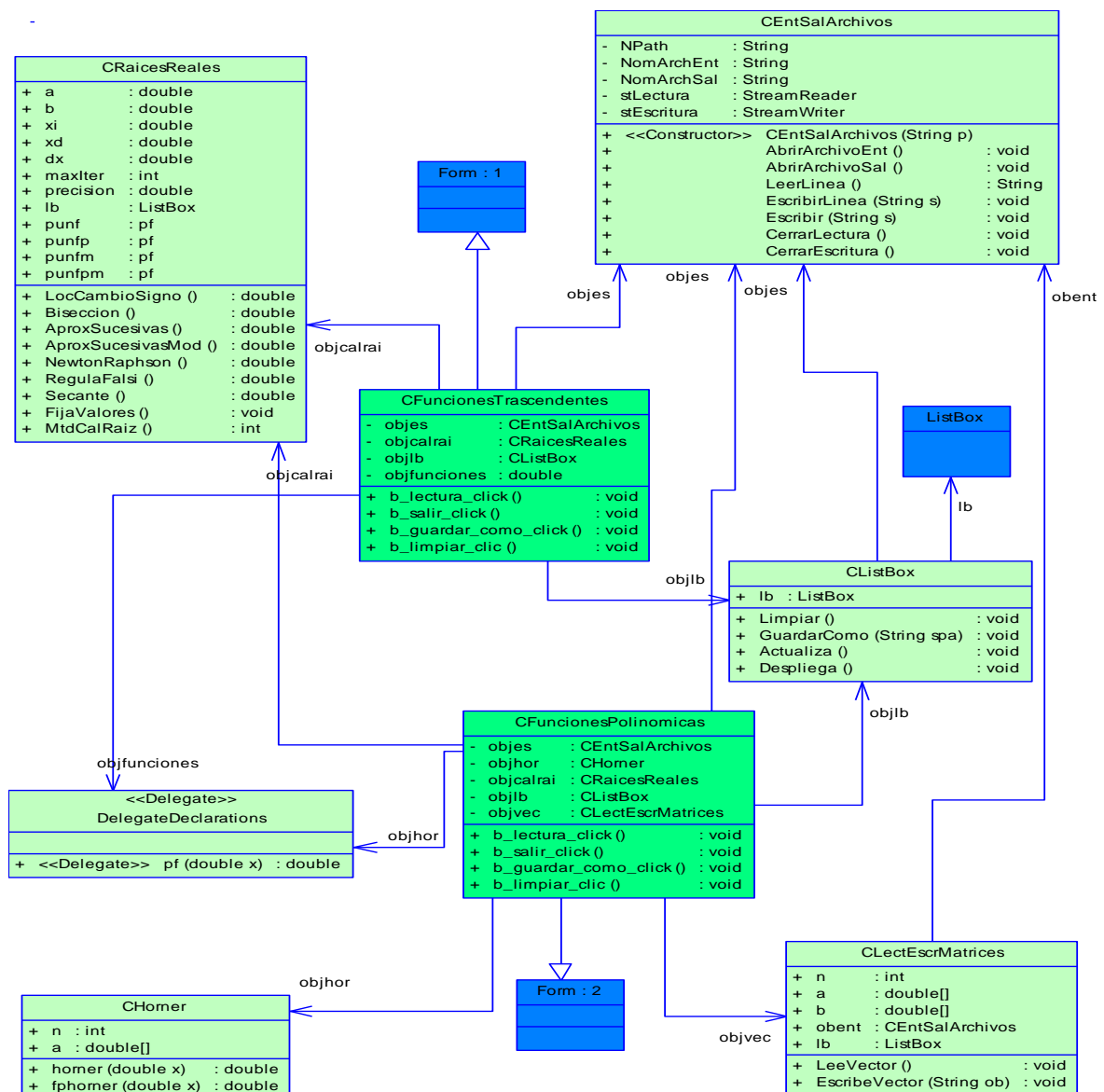


Fig. 2. Diagrama de Clases de la interfaz visual (Aplicación) y sus interrelaciones.

A continuación se describe brevemente cada una de las clases:

- **CEntSalArchivos.**- Clase para entrada-salida desde archivos, incluye presentación de cuadros de diálogo para seleccionar archivos, para abrirlos, para lectura o guardar como;
- **CListBox.**- Clase que añade a un listbox la funcionalidad de borrar todos sus elementos y para guardar en un archivo la información de sus elementos;
- **CRaicesReales.**- Clase que contiene los métodos numéricos para calcular las raíces reales de ecuaciones de la forma  $F(x) = 0$ ;
- **CLectEscrMatrices.**- Clase que contiene métodos para lectura-escritura de vectores o matrices sobre archivos;
- **CHorner.**- Clase que contiene funciones para calcular el valor o la derivada de un polinomio, dados los coeficientes y el valor de la variable independiente;
- **DelegateDeclarations.**- Clase que permite incorporar delegados (punteros a función);
- **CFuncionesTrascendentes.**- Clase que contiene las funciones trascendentes y los objetos que permiten probar el proceso de cálculo de raíces reales a través de los métodos de las otras clases;
- **CFuncionesPolinomicas.**- Clase que contiene los objetos que permiten probar el proceso de cálculo de raíces reales a través de los métodos de las otras clases.

### 3.2 Implementación:

La implementación del modelo se la ha realizado en Microsoft Visual C#.NET, versión 2005, en razón de su facilidad para implementar interfaces visuales y debido a que se basa en C++, el cual es ampliamente utilizado. Para cualquier prueba de concepto, toda la información (programas fuente, clases, miembros de las clases, resultados, etc.) se encuentra disponible en el URL: <http://dcc.espe.edu.ec/~wfuertesd>. Para la evaluación del modelo de clases, se implementaron algoritmos separados en dos fases:

- i.) **Fase 1:** Localización del cambio de signo de la función  $F(X)$ , que consiste en tomar un intervalo cerrado de valores para las abscisas y para dos valores consecutivos, se calculan las respectivas ordenadas, luego se establece el producto entre dichos valores, el mismo que si es menor o igual a cero entonces significa que se ha localizado la raíz, de lo contrario, se toma el siguiente par de valores consecutivos en las ordenadas y así sucesivamente hasta alcanzar el límite superior del intervalo.
- ii.) **Fase 2:** Afinamiento de los valores de las abscisas ( $XI$  y  $XD$ ), entre las que se encuentra la raíz real, la cual se ha basado en la aplicación de criterios para encontrar una raíz en base a una precisión requerida.

Cabe señalar que para el cálculo de raíces reales, la una a través de funciones trascendentes y la otra mediante funciones polinómicas, se comparten una librería común de clases. Esto debido a la aplicación de delegados (punteros a función) los cuales permiten reutilizar el código en los Aplicativos tanto para funciones trascendentes como para las polinómicas.

La Fig. 3 muestra el diagrama de secuencia del cliente, que representa la interacción entre el usuario y la interfaz grafica principal, con el objetivo de probar el modelo. En primer lugar, el usuario solicita una operación de gestión (por ejemplo, el despliegue) (1). Entonces el usuario registra el rango y el intervalo donde se encuentran las raíces reales (2). El formulario captura los datos registrados (3). El formulario fija valores iniciales en la clase *CRaicesReales* (4). Para cada intervalo del rango ingresado se localiza el subintervalo donde existe una raíz real (5). Para cada método de cálculo se invoca al respectivo método de *CRaicesReales* (6). Una vez procesada la raíz se actualiza *CListBox* (7). Finalizados los intervalos del rango se despliega en el formulario los elementos de *CListBox* (8). A continuación se despliega los resultados en la interfaz grafica de usuario (9).

El usuario requiere grabar resultados en un archivo (10). La interfaz activa el mensaje *GuardarComo* de *CListBox* (11). El método citado despliega al usuario un cuadro de dialogo para que seleccione el nombre del archivo donde desea guardar los resultados (12). El usuario selecciona el nombre del archivo y ordena guardar resultados (13). *CListBox* activa el mensaje para guardar resultados y reporta a la interfaz (14). El usuario obtiene los resultados guardados en el archivo (15).

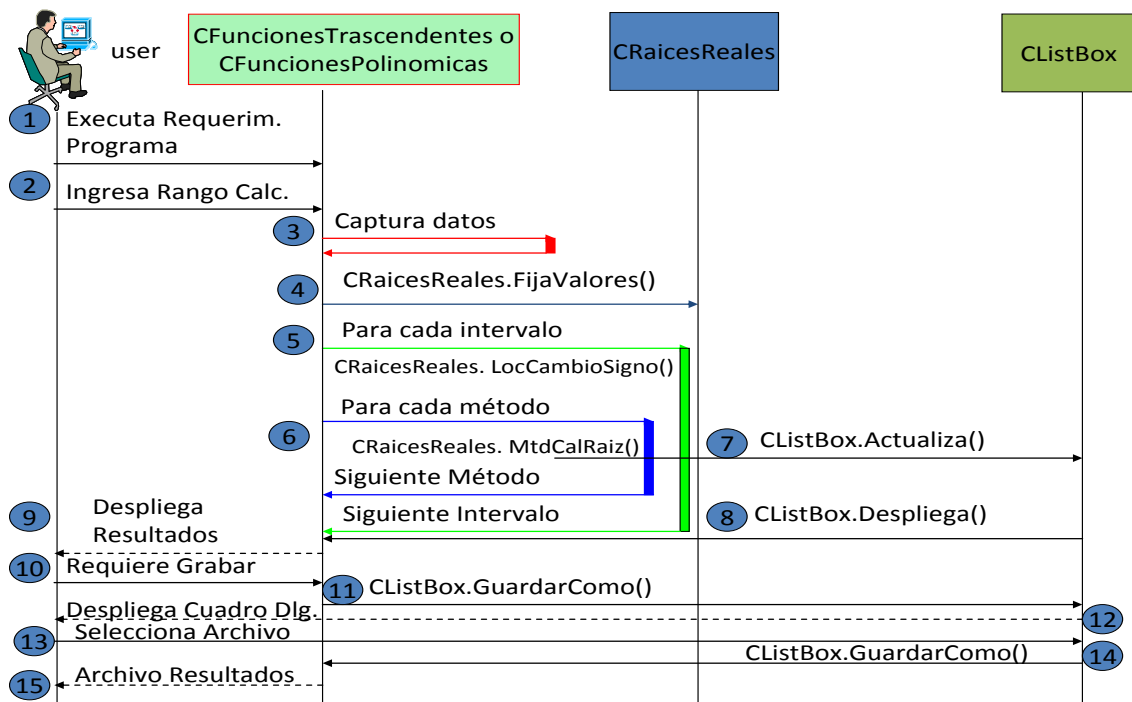


Fig. 3. Diagrama de Secuencia de la interfaz visual (aplicación)

#### 4. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Con el fin contrastar el modelo y evaluar el Aplicativo, se realizaron varias pruebas de validación utilizando diversas ecuaciones. Sin embargo para efectuar el análisis comparativo de los resultados, se empleó una misma función, la cual se la expresa mediante operaciones para la función trascendente, y vector de coeficientes para la función polinómica. Así por ejemplo, al calcular de raíces reales de la función trascendente  $F(x) = x^3 - 7x + 4$ , para la Fase 1, se generó la Tabla 1:

Tabla 1. Resultados de la aplicación del algoritmo para la localización de cambios de signo.

XI	XD	YI = F(XI)	YD = F(XD)	P = YI*YD
-4.00	-4.00		-32.00	
-4.00	-3.00	-32.00	-2.00	(+)
-3.00	-2.00	-2.00	10.00	(-)
-2.00	-1.00	10.00	10.00	(+)
-1.00	0.00	10.00	4.00	(+)
0.00	1.00	4.00	-2.00	(-)
1.00	2.00	-2.00	-2.00	(+)
2.00	3.00	-2.00	10.00	(-)
3.00	4.00	10.00	40.00	(+)
4.00	5.00	40.00	94.00	(+)

Por consiguiente, existen raíces en los intervalos  $[-3, -2]$ ,  $[0, 1]$  y  $[2, 3]$ .

Para la **Fase 2**, los resultados utilizando dos métodos diferentes fueron los siguientes (ver Tablas 2 y 3):

**Tabla 2.** Cálculo de raíces reales utilizando el método de Aproximaciones Sucesivas.

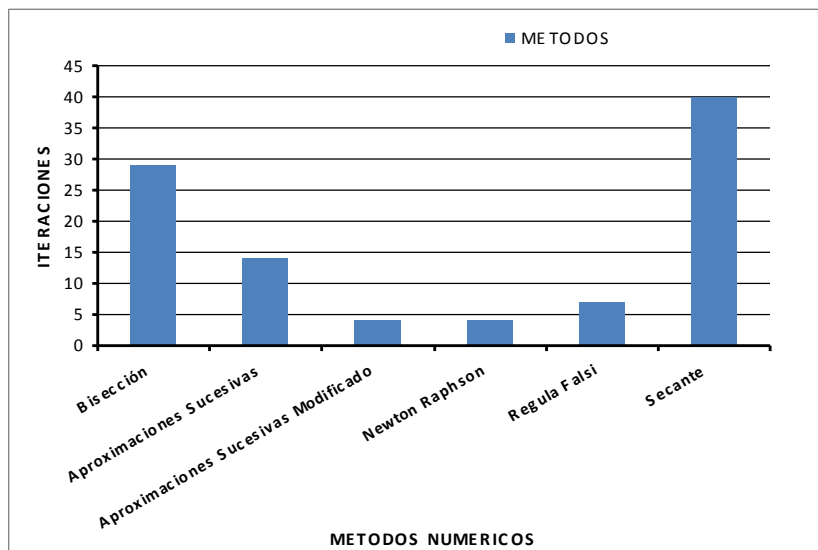
ITERACION	Xm	Ym = fm(Xm)	YP = fm'(Ym)	Ym - Xm
0		-2.500000		
1	-2.500000	-2.780649	0.854063	0.280649
2	-2.780649	-2.862886	0.840374	0.082237
3	-2.862886	-2.886109	0.836607	0.023223
4	-2.886109	-2.892600	0.835561	0.006491
5	-2.892600	-2.894408	0.835271	0.001809
6	-2.894408	-2.894912	0.835190	0.000504
7	-2.894912	-2.895052	0.835167	0.000140
8	-2.895052	-2.895091	0.835161	0.000039
9	-2.895091	-2.895102	0.835159	0.000011
10	-2.895102	-2.895105	0.835159	0.000003
11	-2.895105	-2.895106	0.835159	0.000001

**Tabla 3.** Cálculo de raíces reales utilizando el método de Newton-Raphson.

ITERACION	Xm	Ym = F(Xm)	YP = F'(Xm)
0	-2.500000		
1	-3	5.875000	11.750000
2	-2.9	-2.000000	20.000000
3	-2.895118	-0.089000	18.230000
4	-2.895107	-0.000207	18.145124
5	-2.895107	0.000000	18.144925

Al comparar las Tablas 2 y 3, se puede observar que el método de Aproximaciones Sucesivas (Tabla 2) debe desarrollar un mayor esfuerzo computacional, para determinar una raíz, además de que no siempre se producirá la convergencia. En cambio mediante el método de Newton-Raphson (Tabla 3), se determina la raíz con un menor número de iteraciones. En el caso de existir interés por revisar la eficiencia de los otros métodos, favor acceder al URL: <http://dcc.espe.edu.ec/~wfuertesd>.

En relación a la comparación de los métodos numéricos, la Figura 4 muestra los resultados obtenidos. Como se puede observar, Newton-Raphson es más eficiente.



**Fig. 4.** Diagrama de barras de los Métodos Numéricos para calcular la raíz que se encuentra entre -3 y -2 de la ecuación  $X^3 - 7x + 4 = 0$ .

En relación a la interfaz de resultados de la Aplicación (ver Figuras 5 y 6), al ser visual, muestra cuadros de edición para ingresar el rango dónde se requiere encontrar raíces con intervalo de variación; la lista (control visual) dónde se presentan los resultados del proceso y que corresponde a las raíces reales obtenidas en la ejecución de los métodos numéricos descritos en la sección 2. Además brinda la posibilidad de que estos resultados puedan almacenarse en un archivo de salida.

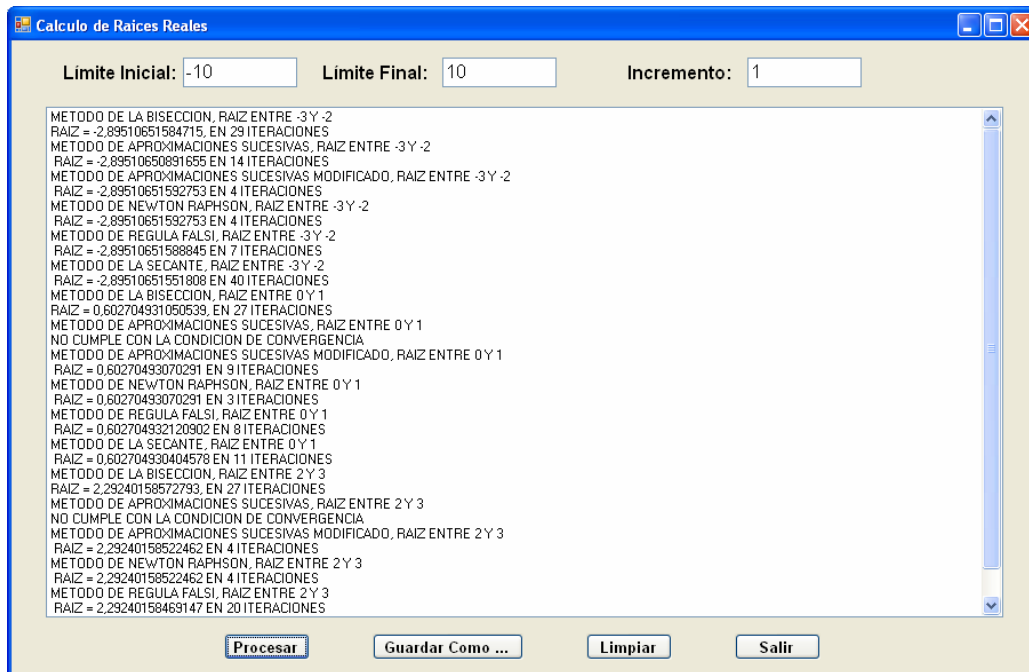


Fig. 5. Interfaz gráfica para cálculo de raíces reales de funciones trascendentes.

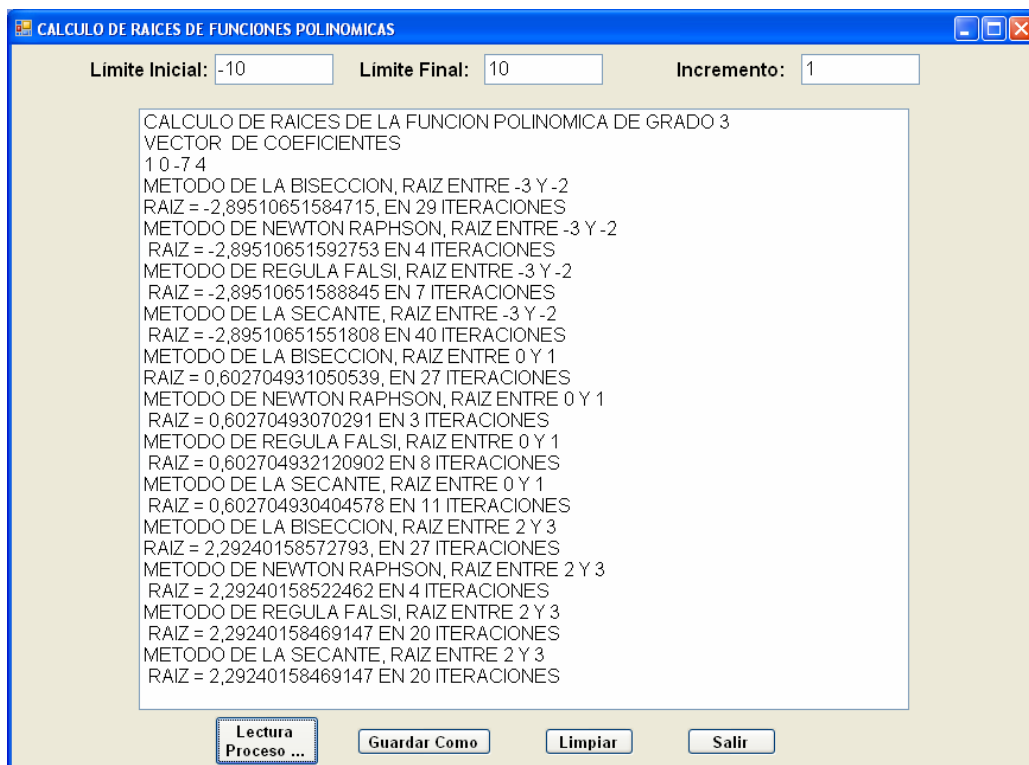


Fig. 6. Interfaz gráfica para cálculo de raíces reales de funciones polinómicas.

## 5. TRABAJOS RELACIONADOS

El trabajo propuesto por Corral y Fernández en [3], presenta un análisis de la evolución de los lenguajes de POO, sus aplicaciones en cálculo estructural, pero no implementan aplicación alguna ni muestran resultados experimentales. En el mismo contexto en el trabajo formulado por Bretones y Huerta en [4] se realiza un análisis con ejemplos en el que se considera el elemento finito como un objeto. Comparado con nuestro trabajo, fue desarrollado con interfaz de texto y no muestran el proceso de implementación.

En lo referente a trabajos similares, en [5], se desarrolló un algoritmo orientado a objetos para el cálculo de Flujo de Potencia utilizando el método de Newton Ráspón, mediante la resolución de un sistema de ecuaciones algebraicas no lineales, en interfaz de texto. Así mismo en [6] se presenta una implementación orientada a objetos de un Framework existente, para resolución de problemas derivados de métodos discretos. Comparados con nuestro trabajo, se ha evaluado solo un método en el primer caso; y solo se mide la eficiencia del lenguaje C++, en el segundo caso.

## 6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo se ha diseñado e implementado el modelado orientado a objetos con interfaz gráfica de usuario, de diversos métodos numéricos, lo que ha permitido comparar la eficiencia computacional de dichos métodos, en el cálculo de raíces reales de funciones trascendentes y polinómicas. En cuanto al análisis de resultados se observa que uno de los métodos más eficientes es el de Newton-Raphson. Se ha determinado además que cuando se trata de funciones polinómicas, para calcular raíces reales, se puede usar cualquier método numérico que aplique la ecuación  $F(x)=0$ . Finalmente, se ha implementado una librería común de clases, que permite su reutilización (compartir las aplicaciones) para funciones trascendentes y polinómicas.

Como trabajo futuro se contempla investigar el modelado orientado a objetos de métodos para efectuar operaciones matriciales.

## Referencias

- [1.] Smith, W Allen. “Análisis Numérico”. Prentice-Hall, ISBN: 519.4 B896, 1998.
- [2.] Distributed Management Task Force, “UML profile for CIM”, version 1.0, DMTF Document, DSP0219, June 2007.
- [3.] Corral, M. Romera, Fernández Ruiz, Miguel. “Métodos numéricos para cálculo y diseño en ingeniería”: Publicado en la Revista internacional, Vol. 21, N° 2, pags. 179-192, 2005.
- [4.] Rodríguez, F., Bretones, M. Ángel, Huerta A., “La programación orientada al objeto aplicada al cálculo por el método de los elementos finitos”, Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería. Vol. 11,3, 423-449(1995). Updated: 11-03-2009.
- [5.] Rodríguez, G., Aramataris, L. “Aplicación del Método de Newton Raphson Orientado a Objetos para análisis de sistemas eléctricos de potencia”. Artículo Técnico. 2004.
- [6.] Cardona, A., Storti, M. Zuppa, C., “Un Framework Orientado a objetos para la implementación de Métodos Discretos”. Mecánica Computacional Vol 27, Argentina, 11-2008.



# “Evolution”, Aplicación Tridimensional Interactiva Visual basada en el Framework XNA.

C. Viteri, N. Ortiz, G. Raura, D. Martínez

*Departamento de Ciencias de la Computación, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí-Ecuador*

[{cviteri,nortiz,georaura,dmartinez}@espe.edu.ec](mailto:{cviteri,nortiz,georaura,dmartinez}@espe.edu.ec)

**RESUMEN:** El presente proyecto consiste en el diseño y construcción de una aplicación tridimensional interactiva denominada “Evolution”, cuyo objetivo es crear un videojuego con un enfoque educativo que ayude a crear conciencia sobre el cuidado de la Naturaleza. Evolution simula un medio ambiente en donde los habitantes de un planeta tratan de sobrevivir ante los posibles fenómenos naturales que amenazan su evolución. En este entorno el usuario es capaz de producir y controlar fenómenos naturales de acuerdo al comportamiento de la población. Evolution es un videojuego multi-consola, diseñado con la combinación de 3D Studio Max y Torque Game Engine Advanced. Fue desarrollado mediante Microsoft XNA Framework 2.0, que aplica conceptos como la teoría de juegos, patrones de comportamiento e inteligencia artificial, para definir la conducta de los personajes que conforman el videojuego en un entorno tridimensional controlado.

**SUMMARY:** This project involves the design and construction of a three-dimensional interactive application called "Evolution", which aims to create a game with an educational approach to help raise awareness about caring for nature. Evolution simulates an environment where the inhabitants of a planet trying to survive against potential natural disasters that threaten their evolution. In this environment the user is able to produce and control natural phenomena according to the behavior of the population. Evolution is a multi-console game, designed with a combination of 3D Studio Max and Torque Game Engine Advanced. It was developed using Microsoft XNA Framework 2.0, which applies concepts such as game theory, behavioral patterns and artificial intelligence, to define the behavior of characters that make up the game in a controlled three-dimensional environment.

## 1. INTRODUCCION

La programación Los video juegos son una área de las ciencias de la computación que utilizan modelos matemáticos para manipular imágenes sobre una pantalla, estudiar sus interacciones en estructuras formalizadas y llevar a cabo procesos de decisión. Estos modelos son validados mediante la implementación de programas de computación destinados al entretenimiento. En la actualidad existen diversos géneros de video-juegos como aventura, estrategia, lucha, terror, educación, etc. En este último contexto, recientemente, la comunidad científica ha indagado en las relaciones existentes entre la educación y los videojuegos, tanto realizando investigaciones sobre el contexto educativo de los videojuegos, así como sobre los efectos educativos de los mismos.

Sin embargo el emprender con el desarrollo de videojuegos demanda un alto nivel de conocimientos en diversas áreas, pues no sólo se centra en la programación y en el uso de herramientas para creación de software, sino más bien, su concepto se extiende a otras ramas como son el diseño y modelado en 3D. Otro problema no menos importante es el presupuesto que se requiere para llevar a cabo los procesos de pre-producción, producción y post-producción que contemplan las fases de creación y modelado de los elementos visuales, del código y del marketing, donde en conjunto alcanzan cifras millonarias. Así por ejemplo, la producción de Halo 3 costó alrededor de 30 millones de dólares, más otros cerca de 20 millones de publicidad [1], mientras que el costo de Gears of War fue de 10 millones de dólares, siendo ambos juegos de Microsoft para el Xbox 360.

Ante esta problemática, la presente investigación consiste en diseñar e implementar una aplicación tridimensional interactiva denominada “Evolution”, cuyo objetivo primordial es el crear un videojuego con un enfoque educativo orientado a la conservación del medio ambiente. Para llevarlo a cabo se utilizó la herramienta Microsoft XNA Framework 2.0, que aplica conceptos como la teoría de juegos y patrones de comportamiento combinándola con Inteligencia Artificial, para definir la conducta de los personajes que conforman el videojuego, y que en conjunto con las herramientas de diseño 3D Studio Max y Torque Game Engine Advanced [2] contribuyan al diseño de este entorno tridimensional controlado.

La premisa de nuestra contribución es utilizar los video-juegos, de una manera original y divertida, para inculcar valores a los jugadores para que tomen conciencia y conozcan el daño que ocasiona al medio ambiente el abuso y la mala gestión de los recursos naturales y las consecuencias que esto provoca a la humanidad.

El resto del artículo ha sido organizado de la siguiente manera: La sección 2 describe los fundamentos técnicos empleados tanto en el diseño como en el desarrollo del video-juego. La sección 3 detalla el proceso de desarrollo del video-juego dividido por fases. En la sección 4 se detallan los resultados obtenidos tanto en el diseño como en el proceso de desarrollo. En la sección 5 se presentan algunos trabajos relacionados. Finalmente en la sección 6 se presentan las conclusiones y líneas de trabajo futuro sobre la base de los resultados obtenidos.

## 2. METODOS, TECNICAS Y HERRAMIENTAS

### 2.1 Teoría de Juegos:

- **Teoría de Juegos:** Permite analizar el comportamiento estratégico de los jugadores que intervienen en el juego, estudiando situaciones que involucran conflictos de intereses, estrategias óptimas, trampas, así como el comportamiento de individuos en el juego.
- **Matemática 3D:** Abarca todo lo referente a lugares, distancias, ángulos precisos y matemática en espacios 3D. El uso más frecuente se encuentra dentro del denominado Sistema Cartesiano Coordinado aplicado en el diseño de personajes en 3D.
- **Vector:** Un vector es representado por una flecha dirigida hacia un punto en el espacio. En Evolution el uso de vectores permite obtener el cambio de posición de un carácter.
- **Forma Normal del Juego:** Definida también como forma estratégica del juego, consiste en una matriz que contiene los jugadores, las estrategias empleadas y las recompensas ofrecidas.
- **Estados:** Representa el comportamiento del personaje en un momento dado. Cada estado reacciona de manera diferente a los eventos y está asociado a una animación diferente.
- **Autómata:** Constituye una máquina que se encuentra en un estado particular, y que ante determinados eventos cambia de un estado a otro. En Evolution cada personaje actuará como un autómata.
- **Máquina de Estados:** Es un modelo de comportamiento de un sistema con entradas y salidas, en donde las salidas dependen no sólo de las señales de entradas actuales sino también de las anteriores.

- **Autómata Finito** (FSM Finite State Machine): Es un modelo matemático para una máquina de estado finita. Una FSM es una máquina que, dada una entrada de símbolos, "salta" a través de una serie de estados de acuerdo a una función de transición. Esta función le dice al autómata a qué estado cambiar dados un estado y símbolo determinados.
- **Agentes Inteligentes:** En Evolution es un habitante que se comporta como una entidad que percibe su entorno y actúa en consecuencia decidiendo que hacer por medio de reglas de lógica propias del agente.
- **Skybox:** Tiene como objetivo, encerrar la escena principal del juego, con una figura básica, el cual se encuentra texturizado internamente con imágenes de ambientes exteriores en sus cuatro planos.
- **Height map:** Es una imagen en blanco y negro cuyo objetivo es recrear la superficie terrestre. Como se aprecia en la Figura 1 mediante el uso de difuminación y brochas circulares en el editor gráfico 2D es posible crear elevaciones. Aparentemente la imagen tiene semejanza con una nube pero el motor gráfico transforma la imagen en terreno como se muestra en la Figura 2.

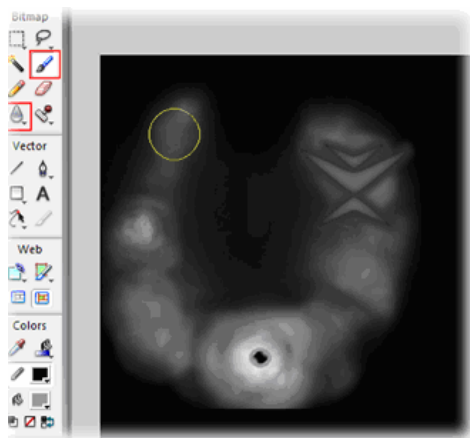


Fig. 1. Height map.



Fig. 2. Height map implementado

- **Rigging:** Se refiere a la creación y colocación de huesos previo a la animación de los personajes. Para empezar el proceso de animación, se debe tener finalizado el modelo a ser animado.

## 2.2 Herramientas de Diseño y Desarrollo:

- **XNA:** Es una herramienta y un lenguaje de programación que permiten generar software conectado a .NET para Microsoft Windows [3]. Su sintaxis es similar a la de C++, y su entorno de desarrollo integrado tiene gran flexibilidad y capacidad para dar soluciones en una gran variedad de plataformas y dispositivos.
- **PhotoShop:** Es un programa especializado en la edición de imágenes a nivel profesional, el cual es muy usado en aplicaciones 3D.
- **Fireworks:** Es un programa que está orientado a la edición de imágenes a un nivel intermedio el cual tiene la mayoría de funciones que se necesitan para esta aplicación en especial.
- **3D Max:** Es la herramienta más popular para el diseño 3D. Sus ventajas son la excelente operabilidad, facilidad de uso, extensa documentación en el mercado, así como la integración con animación, programación, y facilidad de acoplamiento con herramientas externas, tal es el caso de XNA.
- **DirectX SDK** (DirectX Software Development Kit) [4]: Es un conjunto de herramientas de desarrollo, necesario para un juego y para crear aplicaciones basadas en DirectX en VisualBasic.NET, C / C ++, C #.

### 3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Esta sección ha sido dividida en tres fases principales: fase de preproducción, producción y postproducción.

#### 3.1 Fase de Pre-producción:

Dentro de la fase de preproducción se estructuraron las ideas generales del juego, así como su temática. En el caso de Evolution la fase de preproducción se dividió a su vez en cinco etapas que son: *i*) La idea del Juego: En esta etapa se planteó el tema y el concepto que definen las bases y la modalidad del juego; *ii*) La Historia: En este punto se describieron los objetivos, el rol de los personajes y los niveles en los que se desarrolló el juego. En Evolution el objetivo principal es la supervivencia de una civilización la cual se enfrenta a las amenazas producidas por la naturaleza. El rol de cada habitante es aprender a defenderse de las adversidades que se le presenten, buscar su comida y mantenerse a salvo de cualquier alteración del medio en el que se desenvuelve y así pasar al siguiente nivel del juego; *iii*) Tipo de Juego: El videojuego fue desarrollado en su totalidad en tres dimensiones, teniendo como base el tipo RTS (Real Time Strategy) [5]. El proceso comenzó con el manejo y familiarización de los motores gráficos XNA y TORQUE. Evolution fue integrado en ambos motores gráficos, con el objetivo de analizar cuál ofrece mayores ventajas para crear aplicaciones 3D de calidad y que puedan competir con otros productos existentes en el mercado; *iv*) Sistema de Visualización: Esta parte describió la forma en que el jugador visualiza los escenarios y la ejecución de sus acciones. *v*) Complementos del Juego: Evolution acopló en su modo de juego el control y administración de los eventos naturales; mientras que la civilización de individuos subsiste por sus propios medios sin que el jugador tome el control sobre ellos.

#### 3.2 Fase de Producción:

En esta fase, se emprendió con el diseño y desarrollo del juego. Aquí se plasmaron las ideas que fueron expuestas en la fase de Pre-producción (ver sub-sección 3.1). En el caso de Evolution se tomó en consideración tres sub-etapas que son: Diseño de Arte, Diseño de Mecánicas y Diseño de Producción, que serán expuestas a continuación:

##### 3.2.1 Diseño de Arte

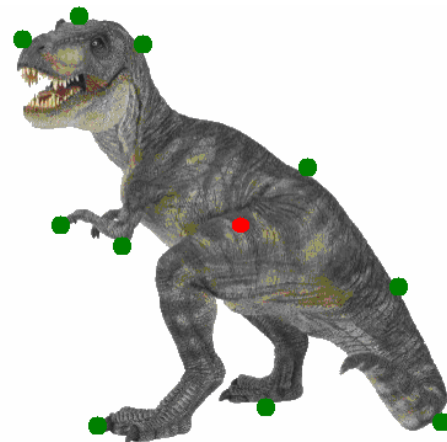
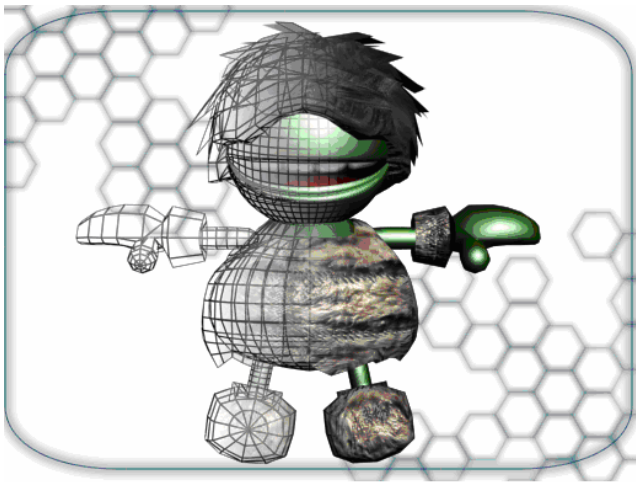
En esta etapa se diseñó la ambientación del juego, para lo cual se usaron elementos como: Skybox, Terreno o Height map, Agua y Partículas. Estos fueron los componentes: -Guión: Permitted relatar la historia del juego en base a bosquejos que ilustraron de manera conceptual la funcionalidad del juego, así como sus caracteres, escenarios e interfases de usuario. Para la creación de los huesos de los personajes de Evolution se utilizó la técnica de rigging con la cual se crea el esqueleto que posteriormente se lo utiliza para dar movilidad al personaje, para lo cual la imagen debe estar previamente texturizada.

En cuanto a la animación se emplearon dos formas para animar un personaje. La primera, fue crear los huesos uno a la vez y conectarlos de acuerdo a su jerarquía, permitiendo crear libremente cualquier estructura. La segunda, fue mediante el uso de un Bípido (Biped), que es una estructura de huesos similar a las de un ser humano donde se define el número de huesos para luego generar automáticamente su estructura. En cuanto al Sonido, dentro de Evolution los sonidos difieren según el escenario. En cuanto la interfaz, aquí se especificó la lógica y secuencia de menús. Evolution cuenta con menús en 2D para el menú principal y para las opciones de configuración. También cuenta con menús en 3D, destinados a la jugabilidad y otros para tutoriales. En cuanto a los Gráficos, dentro de esta categoría se establecieron los parámetros tanto en modelos de 2D y 3D, los cuales parten de un modelo conceptual previamente establecido. En Evolution todos los elementos tridimensionales están optimizados para un mayor desempeño dentro de la aplicación, ya que fueron estructurados con la menor cantidad de polígonos sin que esto afecte la calidad del diseño (ver Figura 3).

Para integrar todos los caracteres al escenario se seleccionó en el plano cartesiano un punto central, donde después se adjunta la imagen, con la diferencia de que estos puntos no se mueven a lo largo de una curva. Posteriormente se utilizó el concepto de aureola de acción, que son los puntos que rodean al punto central de un personaje (ver Figura 4). La aureola permitió darle la posibilidad al personaje de que se relacione con el escenario (stage) y con otros personajes (enemigos). Para realizar esto se utilizan sentencias como if, else, and, or, etc., y el concepto de distancia entre dos puntos. La distancia entre dos puntos  $a=(x_0, y_0, z_0)$  y  $b=(x_1, y_1, z_1)$ , esta dada por la ecuación (1):

$$d(a,b)=\sqrt{(x_1-x_0)^2+(y_1-y_0)^2+(z_1-z_0)^2} \quad (1)$$

Con esto se definió los eventos como la muerte del un habitante de Evolution, la captura de un animal por parte de un personaje como alimento y la captura de un habitante por parte de su enemigo para lo cual se utilizó sentencias condicionales en el código del juego.



**Fig. 3.** Modelo o Personaje.

**Fig. 4.** Personaje con aureola de acción

### 3.2.2 Diseño de Mecánicas:

Describe el comportamiento de todos los entes que conforman el juego, así como las reglas que lo rigen. Para Evolution fueron divididas de la siguiente manera: Reglas del Jugador: Fueron destinadas al control de la naturaleza, el jugador era el encargado de la supervivencia de la civilización, por lo cual si se abusa de esta característica se puede causar la muerte de todos los habitantes y por ende la pérdida del juego; Comportamientos de los Personajes, que consiste en que cada habitante actúa de manera libre e independiente interactuando con su entorno y tratando de sobrevivir a las condiciones que se le presenten disponiendo de los recursos según sus necesidades.

Cuando comienza el juego, cada uno de los habitantes se encuentra en posición caminando (un estado), su estado se modificará de acuerdo a la acción que realice el jugador. Por ejemplo si es necesario que la tribu crezca en población, el habitante llevará a otra habitante a la cueva para que nazca un nuevo habitante en la tribu, así el nuevo estado será “llevar-habitante”, y en él se tendrá una serie de posibilidades nuevas como realizar una acción “caminar-derecha”.

### 3.2.3 Diseño de Programación:

En esta categoría fue necesario aplicar la metodología de desarrollo Scrum que permitió cumplir con los resultados esperados. Evolution aplicó esta metodología debido a que cumple con las siguientes fases de desarrollo: Etapa de Desarrollo, que contempló la unión de todo el diseño por medio de programación. Evolution fue desarrollado en XNA Game Studio 2.0 que es un framework para la programación de Juegos; Análisis y Pruebas, dónde se corrigieron los errores de las diferentes versiones del juego, y al mismo tiempo, se dio énfasis al refinamiento

de la jugabilidad; siendo esta la característica fundamental para brindar calidad en este tipo de aplicaciones.

### 3.3 Fase de Post-Producción:

Finalmente en la fase de postproducción ya se dispone de una versión final del juego, la cual fue instalada en la consola Xbox 360 para su ejecución.

## 4. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Este proyecto consistió en la integración de varias técnicas de video-juegos de tercera generación. Debido a que este tipo de proyecto es fundamentalmente gráfico los resultados obtenidos pueden ser tangibles únicamente cuando el usuario tiene contacto visual y acceso a la aplicación, sin embargo se detalla a continuación los resultados obtenidos en base a las diferentes tareas realizadas en los 4 sprints definidos al utilizar la metodología Scrum [6]:



**Fig. 5.** Jugabilidad.

### 4.1 Sprint 1

En el Sprint 1 se definieron los parámetros iniciales del juego como story boards y prototipos de diseño del juego. El objetivo de esta etapa fue probar todas las herramientas utilizadas hasta familiarizarse con ellas. Los resultados al término del Sprint 1 fueron: *i)* Aplicación del concepto de la Jugabilidad en “Evolution”; *ii)* implementación de motor gráfico dentro de XNA; *iii)* carga de escenarios y personajes; *iv)* ambientación del juego; *v)* aplicación de conceptos de Skybox; *vi)* diseño del agua y terreno; *vii)* animación de personajes, y *viii)* aplicación de la técnica del rigging.

La Figura 5, muestra la jugabilidad en tiempo real, donde es posible identificar varios componentes importantes como: personajes, escenarios, la interfaz de usuario en la cual se encuentran los controles principales y las estadísticas del juego.

El uso de motores gráficos de tercera generación requiere de mecanismos y de procesos complejos, pero sus ventajas son notoriamente visibles como se muestra en la Figura 6, en donde fue posible recrear el escenario principal del juego mediante el uso de técnicas implementadas en juegos actuales mejorando la calidad y apariencia de la aplicación.



**Fig. 6.** Gráficos y técnicas avanzadas.

#### 4.2. Sprint 2

En el Sprint 2 se obtuvo como resultado la correcta implementación del motor gráfico, el manejo y control de la iluminación, la aplicación de efectos visuales y finalmente el comportamiento de los elementos visuales dentro de la aplicación. Los resultados obtenidos fueron: *i*) Desarrollo y creación de menú del juego; *ii*) integración de música y efectos de sonido, *iii*) manejo de partículas, luces y cámaras; *iv*) integración de Shaders, y *v*) manejo de detección de colisiones entre caracteres.

Por otro lado la Figura 7 muestra la evolución del proyecto en cuanto a gráficos se refiere. Ya que la tecnología cambia constantemente con el transcurso del tiempo, se ha creado un Tour virtual en la isla, implementando tecnología de tercera generación utilizada en consolas actuales de videojuegos.



**Fig. 7.** Tour virtual.

### 4.3. Sprint 3

En este sprint se obtuvo como resultado la implementación de los diseños realizados en el sprint 1 en el motor gráfico, con lo cual se aplicaron conceptos como Inteligencia Artificial en personajes, integración de niveles y carga de menús en el video-juego. Los resultados fueron: *i)* Implantación de modelos matemáticos; *ii)* Inteligencia Artificial de personajes; *iii)* comportamientos esperados; *iv)* integración de niveles, y *v)* manejo de menús. La Figura 8, muestra el menú principal del juego, en el cual es posible escoger el nivel y la dificultad. Dentro de esta imagen es posible notar aspectos gráficos y de funcionalidad que fueron implementados de acuerdo al Story Board creado en la fase inicial o Sprint1.



**Fig. 8.** Menú Principal.

### 4.4. Sprint 4

Finalmente se tiene la estabilización y pruebas del juego y la exportación a la consola Xbox 360.

## 5. TRABAJOS RELACIONADOS

La industria mundial de video-juegos se ha expandido en todo el mundo, por lo que existen varias investigaciones relacionadas. Por ello, en este análisis, sólo se ha incluido algunos trabajos similares. Así, en el trabajo propuesto en [7] se presenta el diseño y desarrollo de un simulador de autos de carrera en 3D desarrollado en Microsoft Visual C++ 6.0 utilizando el SDK y DirectX. En este mismo contexto el trabajo presentado en [8] se plantea un método de diseño de un sistema inmersivo didáctico, que utilizando técnicas de realidad virtual recrea las evoluciones de un vehículo submarino. Finalmente, en el trabajo presentado por [9] se presenta una plataforma de software libre para el desarrollo de aplicaciones geográficas 3D multicapa. Comparados con nuestro trabajo, en ninguno se especifica el proceso de diseño e implementación de un video juego educativo con herramientas innovadoras.



## 6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En esta investigación se ha desarrollado un videojuego educativo denominado Evolution. Su desarrollo requirió de un análisis de los aspectos fundamentales sobre la teoría de juegos, algoritmos, fórmulas matemáticas, herramientas como Framework XNA y los patrones de comportamiento relacionados con la inteligencia artificial a ser aplicada para la construcción del video-juego. Como parte del desarrollo de Evolution se contemplaron todos los pasos relacionados con el diseño, la creación de bocetos gráficos y guiones para posteriormente realizar el modelado, diseño de personajes y escenarios que comprenden el juego, los cuales ayudaron a complementar el enfoque o visión del juego. Se implementó la teoría de juegos como un referente para definir estrategias y objetivos del video-juego que conjuntamente con fórmulas matemáticas y físicas permitieron formar el núcleo principal del video-juego, dándole una mayor productividad a la aplicación. Dentro del proyecto, fueron implementados conceptos como skybox, ambientación, biped, rigging, transformaciones como rotación, escalado, traslación, entre otras que ayudaron a dinamizar el comportamiento del video-juego de tal manera que luzca interesante y realista. De igual manera la inteligencia artificial jugó un papel muy importante dentro del desarrollo del videojuego ya que le otorgó un mayor realismo y a su vez permitió evitar un comportamiento monótono en cuanto a la interacción de los personajes. Finalmente, la leyenda creada para el video-juego conduce al jugador al aprendizaje de formas de cuidar y preservar el medio en el que se desenvuelve, generando una historia animada y a la vez educativa con los personajes y escenarios necesarios para representarla.

Como trabajo futuro se contempla que de este proyecto se deriven aplicaciones y proyectos con enfoques a la ciencia, turismo o entretenimiento.

## Referencias

- [1.] G. Piñeiros, “Videojuegos ahora generan más dinero que las taquillas de la industria del cine en E.U”, Disponible en <http://www.portafolio.com>, Informe Técnico. Mayo 2008
- [2.] F. Truta, “Torque Game Engine Advanced Adds Dual Graphics API”, Softpedia, March 2009.
- [3.] B. Nitschke, Professional XNA Game Programming: For Xbox 360 and Windows.
- [4.] DirectX SDK, home page: <http://msdn.microsoft.com/en-us/directx/aa937788.aspx>
- [5.] H. Zwei, The Genesis of Real-Time Strategy, Publisher: Sega Enterprises Ltd. 1989.
- [6.] J. Palacio, Flexibilidad con Scrum, Principios de Diseño e Implementación de campos de Scrum. Octubre 2008. Disponible en: <http://www.proyectosagiles.org/que-es-scrum>.
- [7.] C. Espinosa, Simulador de Autos en 3D, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, División de Electrónica y Computación, Junio 2004
- [8.] Otero, J. Flores, P. Saco, J. E. Arias, Diseño e implementación de una experiencia audiovisual colectiva inmersiva con fines educacionales. Departamento de Electrónica y Computación. Universidad de Santiago de Compostela, Marzo 2006
- [9.] M. Castrillón, et al. Capaware: Plataforma de desarrollo de software libre para aplicaciones geográficas 3D multicapa. III jornadas de SIG libre, Universidad de Girona, 2006.

## Evaluación del Rendimiento de Redes IP utilizando Plataformas de Virtualización y Métodos de Simulación

W. Fuertes<sup>1,2</sup>, L. Jácome<sup>1</sup>, M. Grijalva<sup>1</sup>, J. E. López de Vergara<sup>2</sup>, R. Fonseca<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>*Departamento de Ciencias de la Computación, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador*

<sup>2</sup>*Departamento de Ingeniería Informática, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España*  
{wfuertesd, jacomemdl, grijalvasmf, rfonseca}@espe.edu.ec; j.lopez\_vergara@uam.es

**RESUMEN:** Las plataformas de virtualización y los métodos de simulación constituyen dos tecnologías prominentes en el ámbito de la investigación, que son utilizadas para medir el rendimiento de las redes IP. En esta investigación se ha diseñado, implementado y puesto en funcionamiento escenarios de red simulados (mediante NS-2) y virtualizados (mediante Xen) con el fin de validar el rendimiento de redes IP. Consecuentemente, se ha realizado varios experimentos utilizando estas dos tecnologías con el propósito de verificar como se va degradando el rendimiento de la red a medida que se incrementan equipos en la misma. Los resultados experimentales iniciales ilustraron que existen diferencias al evaluar el rendimiento de la red a pesar de someter las dos tecnologías con los mismos escenarios y a las mismas pruebas. Esto se debe en el caso de la Simulación a que los parámetros deben ser rigurosamente programados para mejorarlos. En cambio, en el caso de la Virtualización, se deben a la falta de adaptación de otras condiciones operacionales como temporización y mejoramiento de la plataforma de hardware. En este contexto, se realizaron pruebas adicionales incluyendo diversos algoritmos de generación de tráfico, evaluación del ancho de banda (BW) y estimación de paquetes perdidos. Esto permitió finalmente determinar la degradación del rendimiento de la red al evaluar los resultados obtenidos mediante Simulación con NS-2 y Virtualización con Xen.

**SUMMARY:** Virtualization platforms and simulation methods are two prominent technologies which are used to measure the performance of IP networks. In this research were designed, implemented and operated simulated network environments (using NS-2) and virtualized (using Xen) to validate the performance of IP networks. We conducted several experiments using these two technologies in order to verify how they will degrade the network performance while we will increase computers on the network. The initial experimental results showed differences when assessing the performance of the network even though the two technologies are subject to the same environments and tests. In the case of simulation, this is because the parameters must be carefully planned to achieve improvements. In contrast, for virtualization, it is due to the unsuitability of other operational conditions such as timing and improved hardware platform. In this context, additional tests were carried out including several traffic generation algorithms, evaluation of the bandwidth and packet loss estimation. This led us to determine the degradation of network performance when evaluate the results obtained through simulation with NS-2 and Virtualization with Xen.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las plataformas de Virtualización y los Métodos de Simulación constituyen dos tecnologías prominentes en el ámbito de la investigación, que son utilizadas para medir el rendimiento de las redes IP. Por una parte, las Plataformas de Virtualización permiten crear escenarios de redes virtuales que emulen equipos interconectados entre sí, que son usados para pruebas de software, emulación de prestación de servicios en redes y una variedad de aplicaciones [1]. Sin embargo su principal limitación es la penalización generada por la capa de Virtualización que modifica la precisión de los resultados experimentales [2]. Por otra parte están los métodos de simulación que proveen un ambiente repetible y controlable para imitar el funcionamiento de una red experimental durante un intervalo de tiempo. Los métodos de simulación permiten modelar un conjunto de supuestos que se expresan a través relaciones lógicas y matemáticas que evolucionan en el tiempo. Sin embargo los métodos de simulación no son capaces de reproducir el funcionamiento total del hardware.

Esta investigación tiene dos propósitos: Primero, diseñar, implementar y poner en funcionamiento escenarios simulados (mediante NS-2 [3]) y virtualizados (mediante Xen [4]) a fin de validar el rendimiento de redes IP. Segundo, realizar varios experimentos utilizando estas dos tecnologías a fin de verificar como se va degenerando el rendimiento a medida que se incrementan equipos en la red. Dentro de este contexto, no se han identificado suficientes evidencias relacionadas, sin embargo Muñoz en [5], utilizó OPNET y VNUML [6] para analizar la QoS en los servidores Web, cuyos resultados muestran una importante aproximación. Cabe mencionar que existen varios trabajos de simulación [7] y virtualización [8] pero de manera aislada que no contemplan la realización en conjunto del dimensionado de redes [9].

Para llevar a cabo esta investigación, se diseñó e implementó diferentes escenarios de prueba utilizando NS2 y Xen en la misma plataforma de hardware y software base. Luego se configuraron aquellos parámetros que se relacionan con el rendimiento de red como BW, latencia y pérdida de paquetes. A continuación se aplicaron métodos de inyección de tráfico UDP/TCP (para el caso de la Virtualización), así como diversos algoritmos de generación de tráfico (para el caso de la Simulación). Posteriormente, se tomaron varias medidas del rendimiento en los dos escenarios. Para contrastar estos resultados se realizaron algunas pruebas de validación ajustando parámetros. Finalmente se modificaron dichos escenarios con mayor número de equipos en la red para comprobar su comportamiento.

Por tanto las principales contribuciones de esta investigación son: *i*) proveer de un estudio de las divergencias existentes entre los resultados al medir el rendimiento en las dos tecnologías citadas; y *ii*) la verificación de cómo se degenera el rendimiento de la red en ambos entornos al ser sometida a otras condiciones de forma que a partir de los resultados se pueda extrapolar cuánto error ha de haber en un experimento que se haga posteriormente. Los primeros resultados experimentales ilustraron que existen diferencias al evaluar el rendimiento de la red a pesar de someter las dos tecnologías con los mismos escenarios y a las mismas pruebas. En este sentido, se ha detectado que en el caso de la Simulación, los parámetros deben ser rigurosamente programados para mejorarlos. En el caso de la Virtualización, se deben adaptar otras condiciones operacionales como servidores dedicados, temporización [10] y el mejoramiento del hardware base.

El resto del artículo ha sido organizado como sigue: La Sección 2 describe el marco conceptual de la herramienta de virtualización y técnica de simulación utilizada. La sección 3 especifica el entorno en el que se desarrollaron los experimentos, y la configuración de las topologías de prueba. La sección 4 expone los resultados experimentales a detalle que se reportaron tanto en virtualización como en simulación. La sección 5 resume los trabajos relacionados en dimensionado de redes utilizando virtualización y simulación. Y por último la sección 6 presenta las conclusiones obtenidas de este trabajo, y las líneas de investigación de trabajo futuro.

## **2. BACKGROUND**

### **2.1 Plataforma de Virtualización Xen**

Xen [4], es un entorno de virtualización de código abierto desarrollado por la Universidad de Cambridge en el año 2003. Se distribuye bajo licencia GPL de GNU. Permite ejecutar múltiples instancias de sistemas operativos con todas sus características, pero carece de entorno gráfico. El núcleo de Xen, que administra las VMs, se conoce como hypervisor, que en Xen es el dominio principal (Dom0). Se puede ejecutar varias instancias de sistemas operativos con todas sus características en VMs designando a las mismas como dominios de nombre genérico DomU, las cuales se ejecutan con diversas cargas de trabajo de forma completamente funcional, proporcionando independencia del sistema anfitrión, administración propia de los recursos, QoS, además tiene la característica de poder migrar máquinas virtuales en caliente. En la presente investigación, Xen fue escogida por el resultado de nuestras evaluaciones publicadas en [11] y confirmados en [4][12].

### **2.2 Método de Simulación NS-2**

Network Simulator es un simulador de código abierto diseñado específicamente para la investigación de redes de computadoras [13], desarrollada por el grupo de trabajo Virtual InterNetwork Testbed (VINT) fundado por la Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). Esta herramienta permite la simulación de protocolos de enrutamiento, multicast e IP, tales como UDP, TCP y RTP sobre redes normales e inalámbricas (locales y satélite) [3]. NS-2 permite simular el comportamiento del tráfico de varios servicios de redes como FTP, Telnet, Web, CBR y VBR. NS-2, es un simulador de redes orientado a eventos discretos. Un evento discreto es el conjunto de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas que integran un modelo computacional que evoluciona en el tiempo mediante cambios instantáneos en las variables de estado. NS-2 trabaja a nivel de paquetes y ha sido ampliamente utilizado en el ambiente académico y de investigación. NS-2 se encuentra implementada en C++ con el objetivo de reducir los tiempos de procesamiento y utiliza un intérprete OTcl con soporte de programación orientada a objetos.

NS-2 separa la lógica de la trayectoria de datos de las estructuras de control y ejecución de la simulación. Ofrece la posibilidad de trabajar sobre distintas configuraciones de red, y hacer cuantos cambios se requieran, logrando de esta manera ser una herramienta ideal para probar diferentes escenarios de red, hacer pruebas y comparar sus resultados, reduciendo tiempos y gastos innecesarios, como si se hiciera en redes reales, constituyendo un beneficio para los administradores de red. Por las razones expuestas, en la presente investigación ha sido la herramienta de simulación escogida.

### **2.3 Iperf**

Iperf [14], es una herramienta de código abierto, diseñada para medir el BW de una red. Soporta TCP, UDP entre dos equipos, Servidor y cliente, permitiendo la configuración de varios parámetros de medición tales como: retardo, paquetes perdidos, paquetes generados, etc. Iperf funciona para IPV4 o IPV6, tanto en distribuciones de Linux, cuanto en Microsoft Windows y Mac. Soporta además multicast y conexiones múltiples simultáneas. Iperf reporta medida del BW, throughput, retardo, variación del retardo y pérdida de paquetes o datagramas. Se utiliza a través de la línea de comandos, es del estilo similar a Mgen. Iperf dispone de opciones importantes, que combinadamente pueden caracterizar el rendimiento de la red.

### **2.4 Constant Bit Rate (CBR)**

Tasa de bits constante, es un algoritmo útil en las mediciones de la calidad de servicio (QoS). En esta investigación ha sido utilizada como mecanismo de inyección de tráfico, el cual envía datos con una tasa de transferencia constante. Por defecto en la herramienta Iperf, CBR trabaja con el protocolo UDP, por lo que no hace falta especificarlo ni ajustarlo. En cambio en la

programación del escenario de red con NS-2, se requiere implementarlo, y añadirlo a un agente UDP. Para ello se precisó enviar los parámetros necesarios para su configuración como: tasa (rate), tamaño del paquete (packetsize), ruido (random, permite randómicamente introducir ruido en la señal). Se escogió dicha fuente de tráfico pues de acuerdo con [13], el desempeño de CBR como inyector de tráfico de NS-2 genera resultados consistentes haciéndolo el adecuado para esta investigación.

### 3. CONFIGURACIÓN DEL EXPERIMENTO

#### 3.1 Diseño y configuración del escenario

Con el objetivo de poder comparar el rendimiento de la red tanto en un entorno Simulado como en uno Virtualizado se diseñó una topología de prueba (ver Fig. 1) tratando de configurar parámetros similares durante la medición tales como: enlaces bi-direccionales (half-duplex); BW variable; retardo constante; tamaño de los paquetes constante en un principio y variable posteriormente; CBR como algoritmo de generación de tráfico y, Drop Tail como tipo de gestor de colas. Este último para descartar data gramas entrantes nuevos en el caso de superar la máxima capacidad de la cola. La Fig. 1 ilustra el escenario LAN propuesto en una topología física en estrella y la Tabla 1 resume los parámetros de configuración descritos:

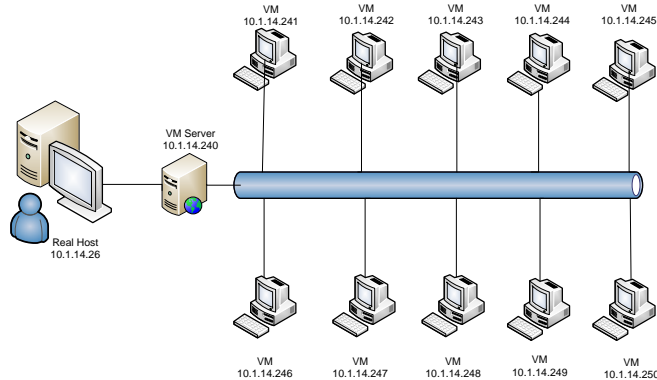


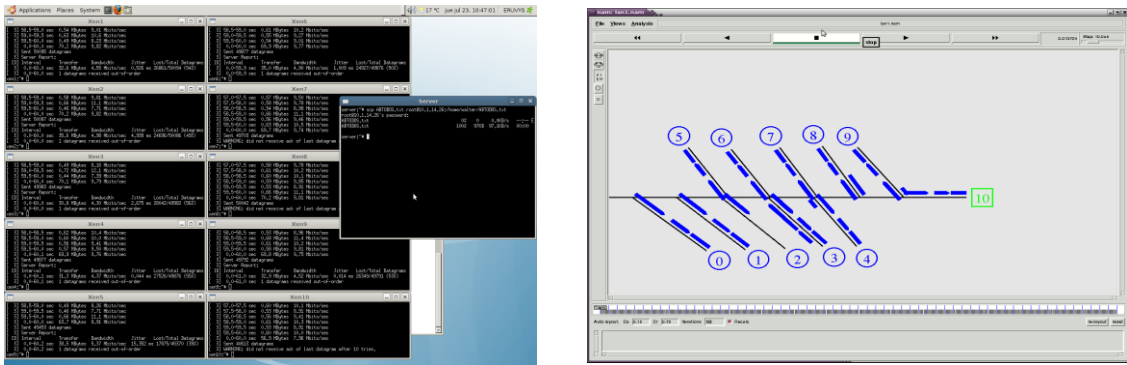
Figura 1. Diseño de la topología de prueba

TABLA 3. PARÁMETROS DE LA CONFIGURACIÓN EN XEN Y NS-2

Parámetros	Virtualización	Herramienta	XEN	Simulación	Herramienta	NS-2
Retardo		Netem	delay 0.3 ms		Script TCL	delay 0.3 ms
Protocolo		Iperf	- u		Script TCL	Agent UDP
Agente de Tráfico		Iperf	UDP/CBR		Script TCL	CBR
Rate		Iperf	-b 10 Mb		Script TCL	10 Mb
Intervalo		Iperf	-i 0.5		Script TCL	0.5
Time		Iperf	-t 60		Script TCL	60

#### 3.2 Implementación

El diseño de la topología de prueba fue traducido a un entorno implementado tanto en Xen (Ver Fig. 2-a.), como en NS-2 (ver figura 2-b). En el primer caso se puso en funcionamiento la red que interactuaba desde cada máquina virtual (estaciones) hacia el servidor virtual. En el segundo caso desde cada nodo cliente hacia su servidor en la simulación. En ambos entornos se midió y analizó el comportamiento de dicho escenario, dado un retardo y el BW, mientras se realizaba la transferencia de paquetes hacia el servidor.



**Figura 2.** Escenario de prueba implementado: 2-a) virtualizado con Xen; 2-b) simulado con NS-2

Todas las pruebas se realizaron sobre Ubuntu Server 8.10. Kernel 2.6.27.5. En el caso de la Virtualización con la plataforma Xen, inicialmente se crearon y configuraron las VMs, cada una con su respectiva dirección IP. Para agilizar el proceso se creó un shell script que permitió levantar la topología de una forma automática. Con ello se procedió a establecer los respectivos parámetros para cada una: el retardo se añadió utilizando *Netem* [15], que en un inicio fue variable hasta encontrar el valor adecuado para incluirlo en la simulación. Para delimitar el BW se usó *Iperf*, en donde se estableció el protocolo UDP, en combinación con el agente generador de tráfico CBR, en razón de ser ideal para soportar aplicaciones en tiempo real con pequeñas variaciones de retardo y útil para los flujos de datos en canales de capacidad limitada.

En el caso de la simulación con NS-2 se configuró el escenario de red como sigue: primero se creó un nodo LAN que sería el concentrador de cada nodo cliente en la transferencia de los paquetes hacia el nodo servidor. Luego se incluyó el agente *LossMonitor* que permitió implementar un *sink* de tráfico, uno por cada cliente permitiendo obtener estadísticas sobre el número de bytes recibidos, número de paquetes perdidos, número de paquetes recibidos. Así mismo, se estructuraron dos procedimientos, uno que permitió añadir una fuente de tráfico CBR sobre un agente UDP para cada nodo cliente, y el otro que grababa periódicamente el BW calculado por los receptores de tráfico y escribía los resultados sobre archivos de texto plano.

Se realizaron 10 experimentos de cada escenario en virtualización mediante Xen, incluyeron la creación de 3, 5, 10 y hasta 15 máquinas y un servidor, de la misma forma se implementaron la cantidad en nodos para la simulación mediante NS-2. Tanto en la virtualización como para la simulación se ejecutaron experimentos en un período de tiempo de 60 segundos.

## 4. EVALUACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

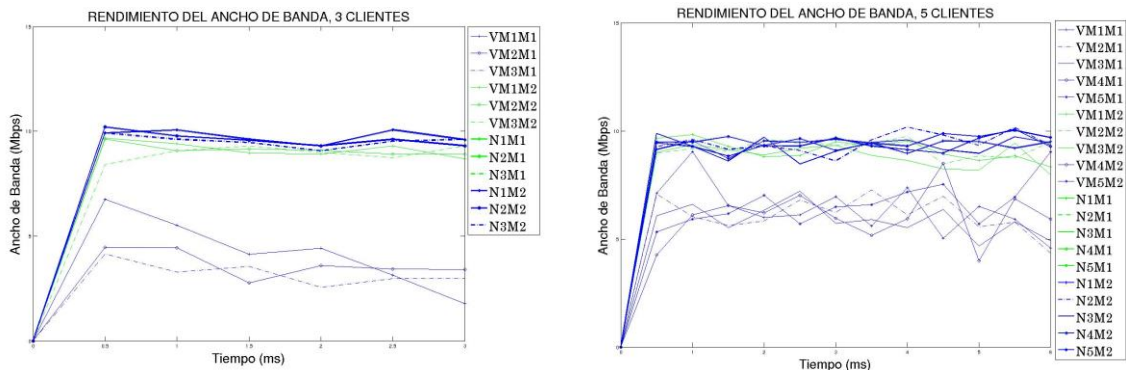
### 4.1 Validación de resultados en base al hardware base disponible

Para verificar la influencia del hardware base en el rendimiento de la red, los primeros experimentos fueron realizados en un PC con menores características al PC definitivo. Las características de los equipos mencionados se detallan en la Tabla 2:

TABLA 4. COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO ANFITRIÓN

Item	Descripción	Equipo Antiguo (M1)	Equipo Nuevo (M2)
1	Procesador	Intel Pentium 4 3.2Ghz	Intel Core™ 2 Quad CPU 2.4 Ghz.
2	Cache size	2048 KB	8192 KB
3	RAM Total	1 GB	4GB
4	Partición HD	108 GB	130 GB
5	Virtualización por Hardware	NO	SI

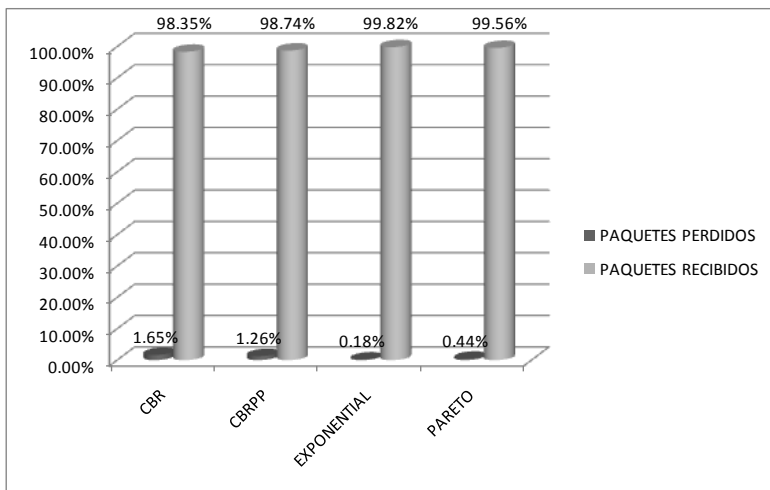
Debido a los recursos disponibles en el equipo inicial (M1), se desplegaron dos escenarios menores con 3 y 5 estaciones (VMs y nodos), de la misma forma en el equipo definitivo (M2). Las Figuras 3-a y 3-b, muestran cómo la disponibilidad de los recursos de hardware de los 2 equipos afecta el rendimiento en los experimentos realizados. En el caso de la virtualización, el rendimiento de la red se degenera en M1 (incrementa el overhead) y por lo tanto disminuye el rendimiento. En el caso de M2 los resultados muestran el rendimiento según el BW establecido. En cuanto a la simulación se demuestra que no existe influencia del hardware base, pues presenta el mismo comportamiento en ambos equipos, es decir sin cambios en el rendimiento de la red. Eso sí, el tiempo de ejecución aumenta o disminuye conforme los recursos de hardware disponibles.



**Figura 3.** Comparación de resultados en base al hardware disponible: Fig. 3-a con 3 estaciones; Fig. 3-b con 5 estaciones

#### 4.2 Validación de agentes generadores de tráfico

Con el fin de determinar el mejor agente generador de tráfico en NS-2, se realizaron varias pruebas ajustando el tamaño del paquete IP. La Fig. 4, muestra los resultados porcentuales en pérdida de paquetes de los diferentes agentes generadores de tráfico. Como se puede apreciar, EXPONENTIAL es el agente que mejores resultados alcanza, entregando el 99.82% de los paquetes generados en la prueba.

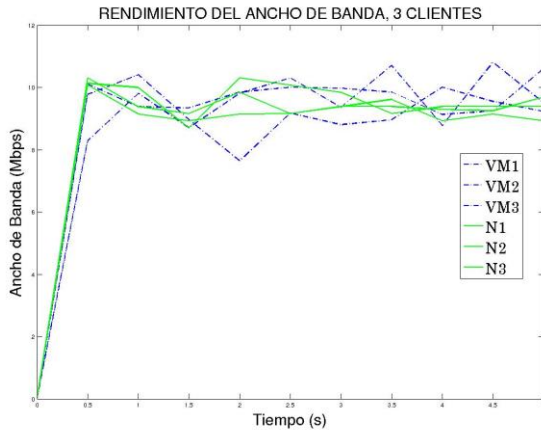


**Figura 4.** Pérdida de paquetes IP por agente generador de tráfico en simulación

A pesar de que EXPONENTIAL según los resultados, es el agente generador de tráfico que mejor rendimiento tiene en el entorno simulado, se decidió usar CBR para homologar el mismo tipo de agente en el entorno virtualizado, considerando que de acuerdo con [13] Iperf es una herramienta de inyección de tráfico CBR.

### 4.3 Comparación del rendimiento en base al BW.

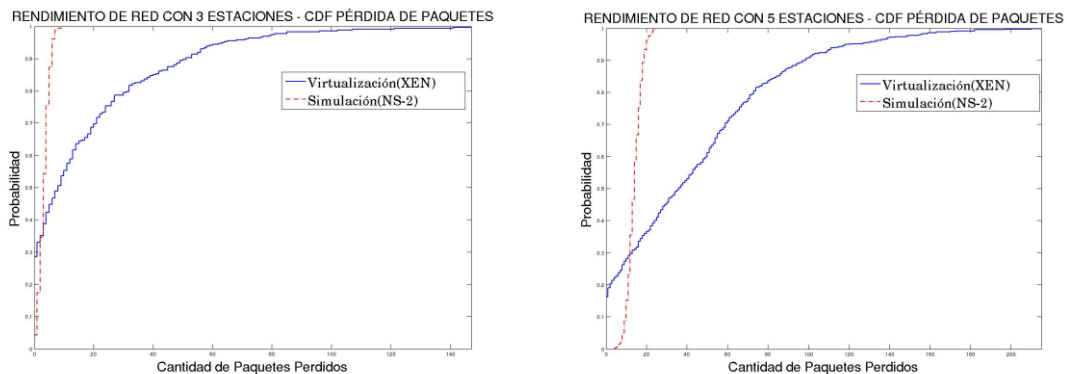
La Figura 5, ilustra la media del rendimiento del BW obtenido en un escenario de 3 estaciones y un servidor durante 10 mediciones. Como se puede apreciar, la este indicador no fue la forma más legible de presentar los resultados, puesto que, para que los mismos sean analizados visualmente fue necesario calcular la media aritmética que es una medida de tendencia central que puede producir sesgos en las mediciones.



**Figura 5.** Rendimiento del BW con 3 estaciones, entorno Virtualizado vs Simulado.

### 4.4 Comparación entre escenarios de red en base a la pérdida de paquetes

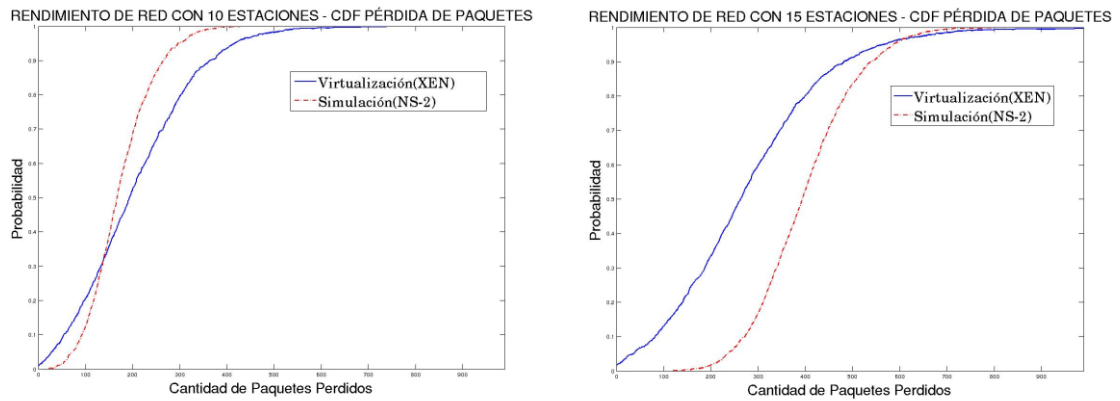
Para asegurar la confiabilidad de los resultados en virtualización mediante Xen, se decidió procesar los datos del experimento que mejor rendimiento alcanzó basados en la pérdida de paquetes IP. Mientras que, en simulación mediante NS-2 como se explicó en el apartado 4.1 los resultados se mantienen constantes. La Figura 6-a, muestra los resultados obtenidos al comparar la pérdida de paquetes entre Xen y NS-2. Como se puede observar las curvas de función de probabilidad acumulada difieren considerablemente cuando están presentes 3 o 5 estaciones. La diferencia de los resultados en gran medida se debe al overhead generado por la capa de virtualización.



**Figura 6.** Función de distribución de probabilidad acumulada de paquetes perdidos: Fig. 6-a con 3 estaciones; Fig. 6-b con 5 estaciones.

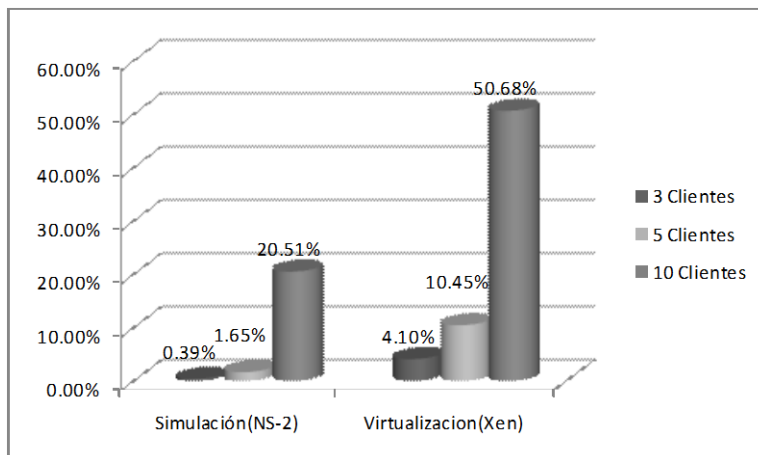
Las Figuras 7-a y 7-b, muestran la comparación cuando están presentes 10 y 15 estaciones respectivamente. Como se puede apreciar a medida que se sigue incrementando el número de equipos, el rendimiento de red tiende a degradarse utilizando ambos entornos, es decir sigue incrementando el número de paquetes perdidos. Así por ejemplo, mediante NS-2 se ha perdido la capacidad de que sean recibidos todos los paquetes en un instante determinado.





**Figura 7.** Función de distribución de probabilidad acumulada de paquetes perdidos: Fig. 7-a con 10 estaciones; Fig. 7-b con 15 estaciones

La Figura 8 muestra la mayor degradación de la red que se produce en el entorno virtualizado cuantificando el número de paquetes perdidos dado el incremento de equipos en la red y en consecuencia en base al incremento del overhead en el hardware base. Los resultados muestran que la diferencia entre Virtualización y Simulación va en el orden de 3.71%, 8.8% y 30.17% respectivamente a 3, 5 y 10 estaciones presentes en el escenario.



**Figura 8.** Porcentaje de paquetes perdidos sobre el total de paquetes generados.

## 5. TRABAJOS RELACIONADOS

Durante esta investigación se encontró un único trabajo muy relacionado al nuestro, es el propuesto por Muñoz en [5], quién realiza una comparación entre los resultados obtenidos entre VNUML como herramienta de Virtualización y el simulador OPNET, para analizar la QoS en los servidores Web, cuyos resultados muestran una importante aproximación al medir el rendimiento de un servidor utilizando las dos tecnologías.

Tradicionalmente la comunidad científica viene utilizando estas dos tecnologías pero por separado, sea en un entorno simulado o en un entorno virtualizado. En este contexto, en lo que concierne a la aplicación de NS-2 en dimensionado de redes, el trabajo propuesto por [16], describe un entorno real modelado y simulado con NS-2 para el análisis de QoS en la provisión de recursos en redes de VoIP basado en retardo (on end-to-end delay) y características de pérdida de paquetes (packet loss) utilizando un planificador FIFO. En relación con otros métodos de simulación, el trabajo propuesto por [7] presenta un estudio comparativo de tres simuladores híbridos de red: OPNET, NS-2 y NCTUns, utilizando una topología experimental y modelada en los tres simuladores. La comparación consistió en desplegar tráfico de varios

escenarios combinando patrones de tráfico CBR y una sesión de FTP, con el fin de comparar la precisión de los simuladores y además comprobar la respuesta de la red a nivel de concentrador y enrutador respectivamente a patrones de tráfico conocidos. En [17] son analizadas algunas características de NS-2 en el funcionamiento de los métodos existentes para la estimación de BW disponible. Así mismo en este trabajo se analiza el comportamiento y manejo de parámetros del agente generador de tráfico CBR como una mejor alternativa para la estimación del mismo. Todos estos esfuerzos son una pequeña muestra de la utilidad del NS-2 en el dimensionado de redes, que además han servido como fundamento en el desarrollo de nuestra investigación.

En lo referente al uso de tecnologías de virtualización para medir el rendimiento de las redes, el trabajo propuesto en [12] muestra el desempeño sistemático del rendimiento de la red virtualizada mediante la comparación de varias tecnologías de virtualización Xen, VMWare, OpenVz frente a evaluaciones tipo benchmark para determinar la herramienta que proporciona el mejor rendimiento general. En un enfoque muy parecido, en el trabajo de fin de master propuesto por [18], se evalúa la conveniencia del dimensionado de networking utilizando máquinas virtuales. Aquí se realizó una evaluación de Xen2, Xen3, Vmware, UML y Qemu, utilizando para dichos escenarios la integración de la herramienta NetShaper. Previo a ello, se definen varios criterios de comparación basados en el tráfico y el throughput. Comparado con el nuestro, ellos utilizaron la virtualización pero no validaron sus resultados mediante métodos de simulación.

Finalmente, en un contexto mas cercano al de nuestra investigación en [10] se utilizó Xen como plataforma de virtualización para probar la funcionalidad del VoD (Video Bajo demanda), intentando emular el servicio de VoD de ADSL en un entorno virtual con el fin de comparar la precisión de los resultados obtenidos entre lo real y lo virtual. Para tales fines se capturó tráfico de video en una solución ADSL real. Luego, con el análisis del tráfico capturado, se consiguió emular VoD tipo ADSL, utilizando el entorno de virtualización. Posteriormente, el BW, el retardo y el tiempo entre llegada de paquetes fue medido tanto en el entorno real como en el virtualizado. Estos parámetros fueron ajustados para obtener un comportamiento similar entre clientes y servidores en ambos casos. Comparado con el nuestro, nosotros comparamos los resultados obtenidos en un entorno virtualizado vs el simulado puesto que las dos tecnologías son soluciones mucho mas económicas y adecuadas para la realización de estos experimentos.

## 6. CONCLUSIONES

En esta investigación se diseñó, implementó y puso en funcionamiento escenarios simulados mediante NS-2 y virtualizados mediante Xen a fin de validar el rendimiento de redes IP. Los primeros resultados experimentales ilustraron que existen diferencias al evaluar el rendimiento de la red a pesar de someter las dos tecnologías con los mismos escenarios y a las mismas pruebas. Luego se ajustaron aquellos parámetros que se relacionan con el rendimiento de red como BW, latencia, pérdida de paquetes, etc. A continuación se aplicaron métodos de inyección de tráfico UDP/TCP (para el caso de la Virtualización), así como diversos algoritmos de generación de tráfico (para el caso de la Simulación). Posteriormente, se tomaron varias medidas del rendimiento en los dos escenarios. Para contrastar estos resultados se realizaron algunas pruebas de validación ajustando parámetros. Finalmente se modificaron dichos escenarios con mayor número de equipos en la red para comprobar como se produce la degeneración de la red a medida que incrementan los equipos. Como principales contribuciones de esta investigación se ha provisto de un estudio de las divergencias existentes entre los resultados al medir el rendimiento en las dos tecnologías citadas; y se ha verificado cómo se degenera el rendimiento de la red en ambos entornos al ser sometida a otras condiciones. Finalmente, se ha demostrado que en el caso de la Simulación, los parámetros deben ser rigurosamente programados para mejorarlos. En el caso de la Virtualización, se deben adaptar otras condiciones operacionales como servidores dedicados, temporización, otras métricas de rendimiento y el mejoramiento del hardware base.

## REFERENCIAS

- [1] W. Fuertes, J. E. López de Vergara, F. Meneses, "Educational Platform using Virtualization Technologies: Teaching-Learning Applications and Research Uses Cases". Accepted for its publication in II ACE Seminar: Knowledge Construction in Online Collaborative Communities, Albuquerque, NM – USA, October 2009.
- [2] W. M. Fuertes and J. E. López de Vergara, "A quantitative comparison of virtual network environments based on performance measurements", in Proceedings of the 14th HP Software University Association Workshop, Garching, Munich, Germany, 8-11 July 2007.
- [3] The Network Simulator - ns-2 Web. 2008 [Online] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [4] P. Barham, B. Dragovic, K. Fraser, S. Hand, T. Harris, A. Ho, R. Neugebauer, I. Pratt, and A. Warfield. "Xen and the art of virtualization". In Proc. of the 19th Symp. on Operating Systems Principles, pps: 164–177, Oct. 2003.
- [5] A. Muñoz, "Performance analysis in accessing web services", [Online] <http://det.bi.ehu.es/NQAS/opnet/>
- [6] F. Galán, D. Fernández, W. Fuertes, M. Gómez and J. E. López de Vergara, "Scenario-based virtual network infrastructure management in research and educational testbeds with VNUML", Annals of Telecommunications, vol. 64(5), pp. 305-323, May 2009.
- [7] G. Flores, M. Paredes, E. Jammeh, M. Fleury, M. Reed, M. Ghanbari, "Packet by Packet Analysis in Contemporary Network Simulators". IEEE Latin America Transactions, vol. 4, no. 4, pps: 299-307, June 2006.
- [8] J. N. Matthews, W. Hu, M. Hapuarachchi, T. Deshane, D. Dimatos, G. Hamilton, M. McCabe, J. Owens, "Quantifying the Performance Isolation Properties of Virtualization Systems". In Proc. of ExpCS'07, 13–14 June, 2007, San Diego, CA.
- [9] A. Falcon, P. Faraboschi, D. Ortega, "Combining Simulation and Virtualization through Dynamic Sampling", In Proc of IEEE International Symposium on Performance Analysis of Systems & Software, 2007. ISPASS 2007. pps: 72-83, San Jose, CA, April 2007.
- [10] W. Fuertes and J. E. López de Vergara, "An emulation of VoD services using virtual network environments". In Proc. GI/ITG Workshop on Overlay and Network Virtualization NVWS'09, Kassel-Germany, March 2009.
- [11] W. Fuertes, J. E. López de Vergara, Evaluación de Plataformas de virtualización para experimentación de servicios multimedia en redes IP. Publicado en la Revista de Ciencia y Tecnología de la Escuela Politécnica del Ejército, Volumen 1, pps: 35-46, ISSN 1390-4612, Sangolquí, Ecuador, el 11-Septiembre-2008.
- [12] J. Walters, V. Chaudhary, M. Cha, S. Guercio Jr, S. Gallo, "A Comparison of Virtualization Technologies for HPC". In Proc. of 22nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA), Okinawa, pps: 861-868, March 2008.
- [13] Teerawat Issariyakul and Ekram Hossain. "Introduction to Network Simulator NS-2". ISBN 987-0-387-71759-3, Springer 2009.
- [14] Iperf [Online] <http://dast.nlanr.net/Projects/Iperf/>
- [15] S. Hemminger, Network Emulation with NetEm. Open Source Development Lab. April 2005. [Online] <http://linux-net.osdl.org/index.php/Netem>.
- [16] V. Rakocevic, R. Stewart, R. Flynn, "VoIP Network Dimensionaing using Delay and Loss Bounds for for Voice and Data Applications". Technical Report.
- [17] K. Lakshminarayanan, V. Padmanabhan, J. Padhye, "Bandwidth Estimation in Broadband Access Networks", Microsoft Research-Technical Report, MSR-TR-2004-44, IMC'04, Taormina, Sicily, Italy. Copyright 2004 ACM, October 25–27, 2004.
- [18] A. Grau, H. Weinschrott, C. Schwarzer: "Evaluating the Scalability of Virtual Machines for Use in Computer Network Emulation". Stuttgart University, Oct/06.

## **Sistema Multimedia para la Enseñanza de Lenguaje y Comunicación, Unidad de Ortografía y Redacción, para el Sexto Año de Educación Básica.**

E. Alvear, C. Hinojosa, D. Martínez

*Departamento de Ciencias de la Computación, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador*  
[alvear\\_erick@hotmail.com](mailto:alvear_erick@hotmail.com), [chinojosa@espe.edu.ec](mailto:chinojosa@espe.edu.ec), [dmartinez@espe.edu.ec](mailto:dmartinez@espe.edu.ec)

**RESUMEN:** La comunicación es un elemento esencial para el desarrollo y la convivencia de la sociedad, por medio de ésta se promueven y desarrollan las relaciones interpersonales, por lo tanto enseñar a los niños a hablar y escribir correctamente el idioma español es fundamental para su crecimiento personal. Este artículo presenta el desarrollo de un sistema interactivo para apoyar el proceso de aprendizaje, por medio de: videos, juegos, sonidos, en un ambiente multimedia, de los módulos de Ortografía y Redacción, se siguieron los lineamientos metodológicos de Object Oriented Hypertext Design Method (OOHDM) y se realizó una investigación a fondo del plan curricular correspondiente con el fin de establecer los temas a tratar, además se siguió por el modelo pedagógico constructivista para la enseñanza de Comunicación Escrita a los niños de sexto nivel, se aplicó el principio de “aprender jugando” por lo que el software se constituye en un material de apoyo dinámico y divertido que interactuará con el estudiante, enriqueciendo su entorno para mejorar el proceso de aprendizaje.

**ABSTRACT:** Communication is essential to society's development and well being. Through these personal relationships are developed and promoted. Therefore, teaching children writing and speaking properly the Spanish language is fundamental to their nurture. This article presents the development of an interactive system in order to support the learning process through videos, games, and sounds within a multimedia environment. From Orthography and Writing modules, were followed methods of Object Oriented Hypertext Design Method (OOHDM), and it was also done a research the Curriculum Plan in order to establish the topics to be developed. Furthermore, it was followed the constructivist pedagogical model for teaching Written Communication to children of sixth level. It was followed the principle of “learning by playing”, and that is why the software is constituted in a dynamic and fun support material which will interact with the student enriching his environment in order to improve the learning process.

## 1. INTRODUCCIÓN

El marco legal del Ecuador protege el derecho a la educación que tenemos los ciudadanos y ciudadanas, pero no se puede garantizar que el nivel calidad de la educación impartida sea el mismo, pues se puede apreciar que existe diferencia entre establecimientos de educación pública y privada, uno de los factores es la falta de recursos económicos, razón por la que la educación pública se encuentra limitada de técnicas, y métodos apropiados para el aprendizaje, además de no poseer la infraestructura necesaria ni la tecnología actual. Mediante el desarrollo de herramientas, metodologías, técnicas pedagógicas, se han desarrollado diferentes opciones de aprendizaje siendo una de ellas el emplear software multimedia para la enseñanza, con el propósito proveerles una herramienta que apoye al desarrollo de un proceso de aprendizaje de mejor calidad en los estudiantes de escuelas públicas que no poseen suficientes recursos educativos.

El desarrollo del proyecto contempla las etapas de: Análisis, Diseño e Implementación del Sistema; para lo cual se analizó el plan curricular vigente para la educación básica en el Área de Lenguaje y Comunicación, además del estudio de cada unidad para los Sextos Años y los requerimientos de los estudiantes. El sistema de enseñanza tradicional en el país se ha caracterizado por la falta de herramientas y el poco uso de la tecnología de información, ocasionando que los estudiantes se encuentren en una situación de desventaja, en un mundo cada vez más dependiente de la tecnología.

La pedagogía con la que se instruye a los niños permite acrecentar la cultura general, si se la lleva a cabo conjuntamente con la tecnología mejorará la forma de pensar de los educandos, los niños en general prefieren recrear la mente a través de medios visuales, y una excelente manera de instruirse es jugando al interactuar con un sistema de aprendizaje multimedial otorgando cierto grado de interés para el aprendizaje del niño.

El resto del artículo ha sido organizado de la siguiente manera: El capítulo 2 contiene los fundamentos teóricos de este trabajo. El Capítulo 3 describe el proceso de Implementación. En el capítulo 4 se difunden los resultados y la verificación de los mismos. Así mismo se realiza un leve análisis del estado del Arte en el Capítulo 5. Finalmente en el Capítulo 6 se exponen las conclusiones recomendaciones que se han derivado de la presente investigación.

## 2. FUNDAMENTOS EN EL DESARROLLO MULTIMEDIA

### 2.1 *La Multimedia*

La multimedia es la integración en un sistema informático de texto, gráficos, imágenes, vídeo, animaciones, sonido y cualquier otro medio que pueda ser tratado digitalmente [15], y puede ser utilizada en negocios, instituciones educativas, el hogar, lugares públicos. Según la wikipedia en <http://es.wikipedia.org/wiki/Multimedia>, el término multimedia se utiliza para referirse a cualquier objeto o sistema que utiliza múltiples medios de expresión (físicos o digitales) para presentar o comunicar información. De allí la expresión multi-medios. También se puede calificar como multimedia a los medios electrónicos (u otros medios) que permiten almacenar y presentar contenido multimedia. La Tabla 1 muestra el alcance de la Multimedia, caracterizándose por la interactividad, y navegabilidad para el usuario con la aplicación.

Tabla 1: Alcance de la Multimedia

Áreas de utilización	<p>Aplicada en los Negocios.</p> <p>Aplicada en las Instituciones Educativas.</p> <p>Aplicada en el Hogar.</p> <p>Aplicada en Lugares Públicos.</p>
Características	<p>Interactividad.</p> <p>Ramificación.</p> <p>Transparencia.</p> <p>Navegación.</p>
Elementos	<p>De Organización.</p> <p>Visuales.</p> <p>De Sonido.</p>
Herramientas	<p>Edición.</p> <p>Organización.</p> <p>Programación.</p> <p>Interactividad.</p> <p>Ajustes del Desempeño.</p> <p>Capacidad de Reproducción.</p> <p>Distribución.</p>

## 2.2 Metodologías Multimediales

Para crear software es necesario seguir un método que lleve a tener un producto de calidad y que cumpla con las necesidades que sean impuestas por el cliente o por la empresa que solicita el sistema [2].

Para el desarrollo de productos multimedia existen varias metodologías, tales como: “Hypertext Design Model” (HDM), “Enhanced Object Relationship Model” (EORM), “Relationship Management Methodology” (RMM ) y “Object Oriented Hypertext Design Model” (OOHDM); cada una de las cuales puede ser de utilidad dependiendo de la naturaleza y las características del aplicativo a desarrollar.

Para el presente proyecto se seleccionó OOHDM porque es un método abierto [8], la Tabla 2 muestra los niveles del modelo OOHDM para guiar el desarrollo multimedial, el modelo del dominio no viene impuesto y se puede adaptar a la aplicación misma, y poseerá el soporte en objetos del método permitiendo la determinación de las clases navegacionales y de los contextos navegacionales.

Tabla 2: Resumen de la Metodología OOHDM

OOHDM	
Nivel Conceptual	Clases Perspectiva relación OO
Nivel Estructural	Enlace: Clase Navegacional Contexto Navegacional Estructuras de Acceso: Índice Vista guiada
Nivel Visible	ADV (Vista de Datos Abstracta) En contexto

### 2.3 Los Modelos Pedagógicos

La enseñanza es desarrollada para dar paso al aprendizaje de los estudiantes, con el propósito de generar igualdad de oportunidades a todos y adecuarse de una mejor manera a la necesidad de una formación más integral y vinculada con los intereses de la edad de los estudiantes se estableció entonces, una organización de los niveles y ciclos [12].

La Tabla 3 muestra varios modelos pedagógicos, para el presente proyecto se consideró el método más apropiado el constructivista, porque utiliza la información en bruto y fuentes primarias además de materiales manipulables, interactivos y físicos, como lo es la interacción con el Sistema Multimedia con el propósito de deducir e inducir las respuestas de los estudiantes haciendo que orienten las clases; inducirían además a los estudiantes a dialogar tanto con profesores como compañeros, estimulando así la curiosidad de los estudiantes, siendo la adopción de los juegos del software una manera de atraer su atención.

Tabla 3: Modelos Pedagógicos.

La Pedagogía Constructivista	Basado en la construcción o reconstrucción de los conceptos de las ciencias por parte de los estudiantes, algo que cada individuo elabora a través de un proceso de aprendizaje
La Pedagogía Tradicional	Exige la memorización de la información que narra y expone, convirtiéndose el estudiante en un receptor, y el profesor un transmisor, siendo el aprendizaje un acto de autoridad vertical.
La Pedagogía Conductista	El aprendizaje se origina en una triple relación de contingencia entre un estímulo antecedente o señal, la conducta o respuesta y el estímulo consecuente que puede ser positivo o negativo.
La Pedagogía Progresista	Es fundamentado en las ideas filosóficas, cada experiencia social es esencialmente educativa, el niño debe cultivar la herencia cultural y desarrollar las facultades para lograr fines sociales.
La Pedagogía Cognoscitivista o Desarrollista	El rol del maestro se dirige a tener en cuenta el nivel de desarrollo y el proceso cognoscitivo de los estudiantes, considera el aprendizaje como modificaciones sucesivas de las estructuras cognitivas que son causa de la conducta del hombre.
La Pedagogía Crítico-Radical	El enfoque es la coparticipación del profesor con los estudiantes en la reflexión crítica de las propias creencias y juicios, cuestionan críticamente los recursos como textos, que explican un hecho que se utilizan en los procesos de enseñanza.
La Pedagogía Conceptual	Fundamentada en la aprehensión de los conceptos básicos de las ciencias y de las relaciones para comprender la vida.
La Pedagogía Cibernética	Como la analogía entre el hombre y los ordenadores como sistemas que procesan información para resolver tareas intelectuales.
La Pedagogía Instruccional	Busca desarrollar el concepto de grupo, los estudiantes son responsables de las actividades escolares, mientras el docente cumple funciones no directivas, ambos constituyen un grupo inmerso en las normas de una institución.
La Pedagogía Liberadora	Busca la concientización de los individuos de una colectividad a través del diálogo con el docente, quien es un líder en la comunidad; ambos ejercen una comprensión crítica de la sociedad para realizar acciones transformadoras.
La Pedagogía Histórico – Cultural	Se centra en el desarrollo integral de la personalidad basándose en las raíces socio-históricas.

### 3. IMPLEMENTACIÓN

#### 3.1 Aplicación de la Metodología OOHDM

Se describe la aplicación del método OOHDM y la implementación del Sistema Multimedia, la Figura 1 muestra el esquema navegacional del sistema.



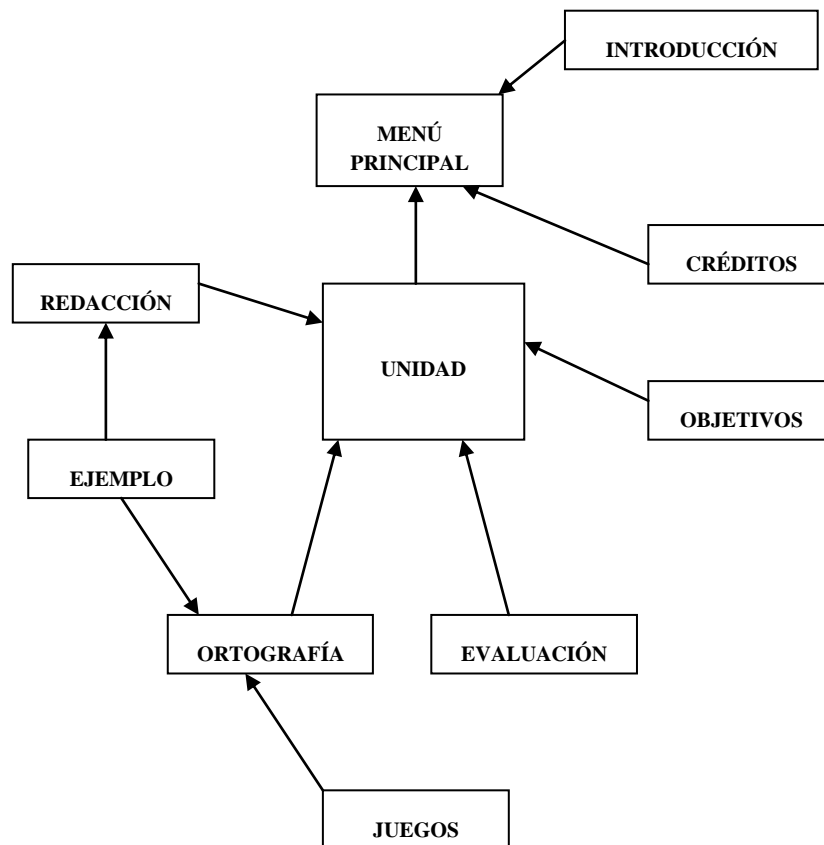


Figura 1: Esquema Navegacional

### 3.2 Sistema “CORRIGEYREDACTA”

El Sistema posee un menú de fácil acceso, además de ser atractivo y amigable para el estudiante (Usuario). En la pantalla principal que se muestra en la Figura 2 se muestra el menú de acceso a las ocho unidades que el sistema cubre y los créditos, es decir el menú se encuentra compuesto de nueve botones, los contenidos de las ocho unidades que se va a estudiar se encuentran establecidas según la reforma curricular vigente del Ministerio de Educación para el Sexto Año de Educación Básica en Lenguaje y Comunicación Oral unidades de Ortografía y Redacción, adicionalmente se encuentra un botón de Créditos que contiene la descripción del producto software.

Los hipervínculos del menú principal son los idénticos en todas las unidades para que la forma de acceder a las diferentes pantallas sea uniforme, simplemente accediendo al cambio de color de las ventanas para diferenciar las unidades.

Cuando la mano (representa la flecha del ratón) se encuentre por encima de uno de los botones del menú principal mostrará el menú con los contenidos correspondientes de cada unidad, conformado por ventanas de colores con hipervínculos que hacia otras pantallas que contendrán:

- Objetivos
- Contenido de Ortografía (correspondiente a cada Unidad)
- Contenido de Redacción (correspondiente a cada Unidad)
- Evaluación de la Unidad

Los colores de las unidades son también estandarizadas para cada unidad, es decir, para la primera unidad se escogió un color verde pastel, implementándose así entonces en todo el proyecto el mismo color para mostrar contenidos teóricos, ejemplos y ejercicios de la primera unidad, lo mismo ocurre para cada una de ellas.

Se puso especial cuidado en la cantidad de objetos animados, imágenes, sonidos, textos para no desviar la atención de los niños, procurando mantener la atención e interés del niño; de igual manera el diseño de la navegación brinde total comodidad en su operación.

El Sistema al ser modular permite ser modificable y adaptable conforme se actualice anualmente la Reforma Curricular y sin ningún inconveniente continuar siendo utilizable y vigente.



Figura 2: Pantalla del Menú Principal

#### 4. RESULTADOS Y VERIFICACION

Con el propósito de garantizar la calidad del producto software se realizaron las pruebas correspondientes en cada etapa del proceso de desarrollo, finalmente se realizaron las pruebas funcionales, las cuales se describen a continuación.

##### 4.1 Observaciones durante las pruebas.

El sistema fue probado en Sexto Año de Ecuación Básica en diferentes paralelos, las edades de los estudiantes fluctúan entre los 10 a 11 años de edad, y se realizaron las siguientes actividades:

- ❖ Evaluación del niño antes de probar el software, test de inteligencia, personalidad (un día).
- ❖ Estructuración de informe individual de cada niño (dos días).
- ❖ Trabajo con los niños y el sistema (un día)
- ❖ Reevaluación del niño (un día)
- ❖ Verificación de logros alcanzados (dos días)

Algunos niños presentaban deficiencias en el aprendizaje, se lo descubrió debido a que no participaban con entusiasmo y algunos contenidos los estudiaban a profundidad repitiéndolos una y otra vez, pero al aplicar la auto evaluación la exaltación por ganar el juego cambió a investigar más sobre el contenido de la unidad tal como se muestra en la Figura 3, mientras que otros niños en un menor porcentaje pero no menos importante, debido a la distracción y falta de interés en volver a repasar el tema no produjo ningún resultado.

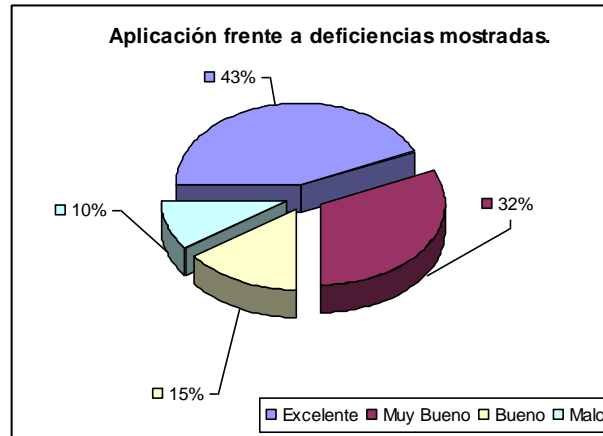


Figura 3: Prueba (Aplicación frente a las deficiencias mostradas)

Según lo mostrado por las pruebas el presente sistema no presenta complicaciones en el manejo para el profesor el cual debe tener el conocimiento previo para lograr explicar a los niños.

Por otra parte, los niños al manejar el sistema hasta entender las diferentes funciones del sistema tuvieron un cierto grado de dificultad, pero al adaptarse al sistema lo manejaron con naturalidad absoluta resultando muy divertido y entretenido. Por lo que la navegabilidad del sistema fue la adecuada ya que le permitió al niño movilizarse sin ningún problema a las diferentes actividades y unidades del sistema.

## 5. TRABAJOS RELACIONADOS

Se analizaron los trabajos concernientes al presente sistema multimedia, donde se han incluido los más notables hallados durante la investigación. En lo referente a tópicos de Lenguaje y Comunicación, el trabajo presentado en [1] describe los temas tratados en el ciclo correspondiente de estudios. En relación a los modelos multimediales el trabajo [3] de Garzotto, Paolini y Schwabe proponen los modelos basados en hipertexto, al igual que el trabajo en [9] se centra más en el modelo OOHDM.

En cuanto a pedagogía De Zubiria [10] muestra la conceptualización del pensamiento con una estrecha relación con Flavell [11] que estudia a fondo la psicología evolutiva de Jean Piaget quien estudió el origen del pensamiento humano y las teorías dieron lugar a trabajos mas avanzados y profundos.

Finalmente Juanita Hernández [13] y González [17] muestran estrategias educativas basadas en diferentes modelos pedagógicos para el aprendizaje activo, los trabajos utilizan tanto métodos de observación como experimentales y, teniendo en cuenta el comportamiento, integran variables biológicas y ambientales, lo cual es muy importante para interpretarlo en una aplicación Multimedial.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

El sistema implementado se constituye como un elemento multimedia de apoyo para el área de Lenguaje y Comunicación de Educación Básica, debido al uso de imágenes, animaciones y sonidos, entretiene a los niños y mantiene un elevado interés por el aprendizaje, a la vez que se cumple con los objetivos planteados al inicio del proyecto tanto técnicos como pedagógicos.

El propósito de las aplicaciones educativas es apoyar a los conceptos vistos en el aula de clases guiados en parte de un pedagogo con nociones claras acerca del proceso de enseñanza, además de poseer un enfoque claro de la utilización del sistema. El diseño de la navegación del sistema es trascendental debido a que logra brindar una mejor funcionalidad, pues el éxito de todo software es ser amigable y comprensible para el usuario.

El empleo de imágenes, gráficos, sonidos y animación dentro del sistema, recrea y agrada a los niños lo que permite conservar la atención de ellos por mayor tiempo, al mismo tiempo el manejo de los juegos aplicativos como herramientas de explicación y evaluación dentro del sistema permite que los niños se estimulen por aprender más debido al desafío que representan.

### 6.2 Recomendaciones

Las Instituciones Educativas deben enfatizar la utilización de recursos educativos multimedia para el desarrollo de proyectos.

Los docentes deben apoyar a los niños al correcto uso del sistema, debido a que los niños por lo general necesitan una buena orientación para manejar cualquier tipo de software.

## 7. REFERENCIAS

- [1]. Edipcentro: “Comunicándonos 6” – Sexto Año de Educación Básica, 2004.
- [2]. Roger S. Pressman, “Ingeniería del Software: Un enfoque práctico 5a. Edición”. Madrid: McGraw-Hill, 2002.
- [3]. F. Garzotto, P. Paolini, D. Schwabe, "HDM - A Model-Based Approach to Hypertext Application Design", 1993.
- [4]. J. Nielsen: “Hypertext & Hypermedia”. Academic Press Inc. San Diego. 1990.
- [5]. Ian Sommerville, “Ingeniería del Software 6a. Edición”. Madrid: Pearson Educación, 2002.
- [6]. D. Rodríguez, B. Sáenz. “Tecnología Educativa. Nuevas tecnologías aplicadas a la educación”, 1999
- [7]. Roger S. Pressman. “Ingeniería del Software. Un enfoque práctico”. Cuarta edición, Editorial McGraw-Hill, 1998
- [8]. G. Rossi, “An Object Oriented Method for Designing Hipermedia Applications”. PHD Thesis, Departamento de Informática, 1996
- [9]. D. Schwabe, g. Rossi. “The Object-Oriented Hipermedia Design Model”, Communications of the ACM, 1995
- [10]. J. De Zubiria. “Tratado de Pedagogía Conceptual: Los modelos pedagógicos”. Fundación Merani. Fondo de Publicaciones Bernardo Herrera Merino, 1994
- [11]. J. Flavell, “La psicología evolutiva de Jean Piaget”. Paidós, 1990
- [12]. R. Flores, “Evaluación Pedagógica y Cognición” McGraw-Hill S.A., Bogota 1999
- [13]. J. Hernández, “Estrategias Educativas Para el Aprendizaje Activo”. Serie pedagógica, Universidad Nur, 1998
- [14]. J. Fernández, "Tecnologías para los Sistemas Multimedia" Disponible en: <http://dis.um.es/~jfernand/0405/tsm/>
- [15]. Gtm.Tel.Uva.Es Conceptos Básicos de Multimedia Disponible en: <http://gtm.tel.uva.es/stv/Documentaci%C3%B3n%5CConceptos%20Basicos.pdf>
- [16]. J. Barruffaldi, “Metodologías de desarrollo Web”. Disponible en: [www.viait.com.ar](http://www.viait.com.ar)
- [17]. M. A. González, “Modelos Pedagógicos para un ambiente de aprendizaje con NTIC”.

# Bolsa de Empleo para Discapacitados utilizando Respuesta Interactiva de Voz y Transformación de Texto a Audio

E. Hidalgo, R. Fonseca, C. Anchundia

*Departamento de Ciencias de la Computación, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador*

*[erick.hidalgo@seteinfo.com](mailto:erick.hidalgo@seteinfo.com), [rodrixfonsi@gmail.com](mailto:rodrixfonsi@gmail.com), [carlos.anchundia@gmail.com](mailto:carlos.anchundia@gmail.com)*

**RESUMEN:** Las personas discapacitadas tienen limitaciones para conocer y acceder a una oferta laboral, debido a que las diferentes bolsas de empleo para discapacitados están limitadas al uso exclusivo de internet para su acceso. Ante esta limitación, se propone una solución a esta limitación de acceso mediante la utilización de medios de comunicación que estén al alcance de todas las personas, se utiliza el teléfono (fijo y/o móvil) para poder conocer una oferta laboral, así como también un portal web de voz, principalmente para aquellos que presentan deficiencias visuales. Estos medios permitirán a las empresas publicar un anuncio laboral y a las personas discapacitadas conocerlos; logrando de esta manera no solo eliminar la limitación que existe actualmente, sino expandiendo la oportunidad para que los discapacitados puedan conocer una oferta laboral y acceder a una fuente de trabajo.

**ABSTRACT:** In this days, people who have disabilities know they have limitation for jobs offer in order to access the labor market because of the different sources of jobs for disabled people are limited to the exclusive use of the internet. Given this limitation, this Article pretend to propose a solution by using media that are available for all people as the telephone (fixed and / or mobile) so they can know jobs offer, as well as a voice web portal designed for disabled, mainly for those with visual impairments. These media allowed companies to post a job listing and disabled people know them, therefore it achieves not only removing the limitation that currently exists, but expanding the opportunity for people who have disabilities to know a job offer.

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en el Ecuador del total de su población equivalente a 13`000.000 de personas aproximadamente, el 13,2 % equivalente a 1`600.000 personas, poseen algún tipo de discapacidad, de las cuales apenas 122.102 personas se encuentran registradas en el CONADIS (Consejo Nacional de Discapacidades).

Del total de discapacitados registrados en el CONADIS el 18,8 %, equivalente a 22.901 personas, poseen alguna fuente de trabajo, mientras el 81,2 % equivalente 99.201 personas, están desempleados [1]. En la actualidad para las personas discapacitadas existe una limitación para conocer una oferta laboral y acceder a un trabajo, pues las diferentes bolsas de empleo para discapacitados están limitadas al uso exclusivo de internet para su acceso. Esta limitación es muy marcada para las personas discapacitadas que no poseen acceso a internet o teniéndolo no pueden navegar en ellas, pues no están diseñadas para ser utilizadas por un discapacitado que presente deficiencia visual. Pensando en esta limitación, nace DVOX, con el cual se mejora y optimiza los medios de acceso que actualmente disponen las diversas bolsas de empleo para discapacitados, mediante la utilización de medios de comunicación que estén al alcance de todas

las personas, se utiliza el teléfono (fijo y/o móvil) para poder conocer una oferta laboral, así como también un portal web de voz diseñado para personas discapacitadas, principalmente para aquellos que presentan deficiencias visuales. Estos medios permiten a las empresas publicar un anuncio laboral y a las personas discapacitadas conocerlos; logrando de esta manera no solo eliminar la limitación que existe actualmente, sino expandiendo la oportunidad para que los discapacitados puedan conocer una oferta laboral y acceder a una fuente de trabajo. La solución está orientada principalmente a aquellas personas que presentan los siguientes tipos de discapacidades:

- Deficiencias físicas.
- Deficiencias visuales.
- Deficiencias auditivas y del lenguaje.

## **2. METODOLOGÍAS Y TECNOLOGÍAS APLICADAS EN EL DESARROLLO DEL SISTEMA**

### **2.1 Metodologías**

Con el objetivo de obtener un producto de calidad, se utilizaron las metodologías más adecuadas que se ajusten a las necesidades del proyecto; Para la especificación de requerimientos se utilizó el estándar IEEE-830, la metodología utilizada para el desarrollo de software es MSF (Microsoft Solutions Framework), que se basa en los estándares internacionales de calidad CMMI (Capability Maturity Model Integration), además la aplicación fue diseñada utilizando el estándar UML (Unified Modeling Language) y se aplicó el proceso estándar RUP (Rational Unified Process) [2].

### **2.2 Tecnologías**

#### **Web**

La World Wide Web o  $W_3$ , es un mecanismo para poder acceder a información disponible en Internet, mediante la utilización de interfaces amigables al usuario como son los navegadores, entre ellos están: Netscape, Microsoft Internet Explorer, Mozilla Firefox, etc.[3]

#### **Página Web**

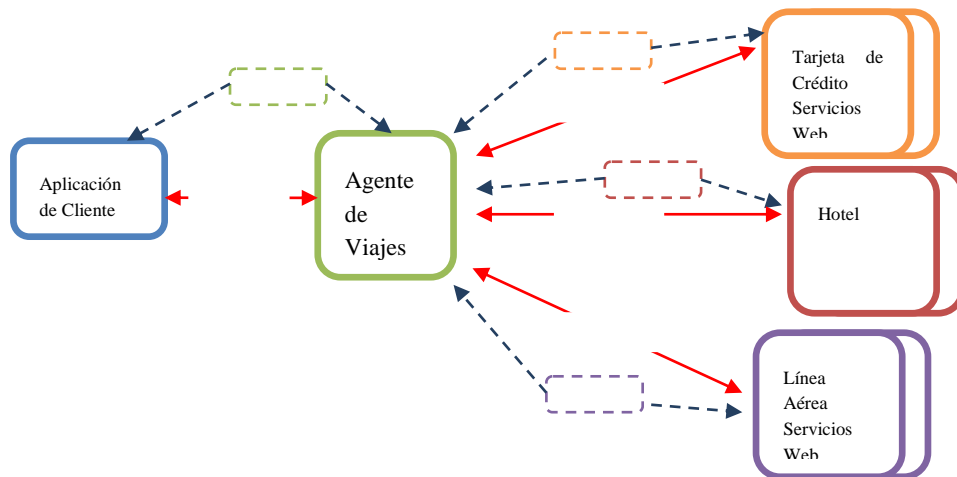
Existen dos tipos de páginas web como son: páginas web estáticas y páginas web dinámicas. Una página web estática, es un documento electrónico que contiene información específica de un tema en particular y que es almacenado en algún sistema de cómputo que se encuentre conectado a la red mundial de información denominada Internet, de tal forma que este documento pueda ser consultado por personas que se conecten a esta red mundial de comunicaciones y que cuenten con los permisos apropiados para hacerlo. Una página web dinámica, es aquella, cuyo contenido se genera a partir de lo que un usuario introduce en un formulario. El contenido de la página no está incluido en un archivo HTML (HyperText Markup Language) como en el caso de las páginas web estáticas. Las aplicaciones más conocidas de las páginas web dinámicas son:

- Mostrar el contenido de una base de datos, en base a la información que solicita un usuario a través de un formulario.
- Actualizar el contenido de una base de datos.
- Generar páginas web de contenido estático.
- Mejorar la interacción entre el usuario y el sitio web.
- Interacción con Servicios Web.

## Servicios Web

Los servicios web son un conjunto de aplicaciones o tecnologías con capacidad para inter operar en la Web. Estas aplicaciones o tecnologías intercambian datos entre sí con el objetivo de ofrecer servicios. Los proveedores ofrecen sus servicios como procedimientos remotos y los usuarios solicitan un servicio llamando a estos procedimientos a través de la Web.

Estos servicios proporcionan mecanismos de comunicación estándar entre diferentes aplicaciones, que interactúan entre sí para presentar información dinámica al usuario. Para proporcionar interoperabilidad y extensibilidad entre estas aplicaciones, y que al mismo tiempo sea posible su combinación para realizar operaciones complejas, es necesaria una arquitectura de referencia estándar [4]. La Figura 1, presenta un ejemplo del funcionamiento de los servicios web.



**Figura 1:** Funcionamiento de los servicios web.

## IVR (Interactive Voice Response)

Unidad de respuesta de voz, o unidad de Audio-Respuesta, es donde llegan las llamadas que no requieren la intervención de un asesor. Es una tecnología madura que ayuda a las empresas a atender llamadas telefónicas de manera automática y a consultar o manipular bases de datos y proporcionar la información en forma de voz. El IVR permite que la información que se encuentra en servidores esté disponible para el público que lo requiera. También denominada unidad de respuesta de voz interactiva o unidad de respuesta de sonido. La unidad IVR responde a los dígitos ingresados por el cliente o reconoce la voz del mismo modo que una computadora responde a las teclas oprimidas desde el teclado o el clic del mouse. Cuando la unidad IVR está integrada con base de datos, permite que los clientes puedan interactuar con estas bases de datos.

Finalmente el IVR posee la capacidad de presentar un menú de opciones a la persona que llama, las mismas que podrán escoger la opción que encasille la respuesta o servicio buscado, a través del teclado del teléfono, además puede reproducir mensajes grabados para las llamadas que se encuentran en espera, o transmitir información adicional a la persona que llama. Dentro de sus principales funciones están:

- Flexibilidad y potencia.
- Facilidad de manejo.
- Acceso a bases de datos.
- Detección de número llamante, en entornos que lo suministran.
- Comunicaciones TCP/IP para integración con terceras aplicaciones.

**Funcionamiento de un IVR:** El IVR responde a tonos y comandos de voz de un usuario, obtiene la información de una base de datos y se la proporciona en forma de voz. Funcionan con tecnología de reconocimiento de voz y de conversión texto a voz (TTS).

### **Loquendo TTS (Texto a Voz)**

Loquendo TTS es una herramienta multilingüaje, más conocida como un Texto-sintetizador de voz, peculiar por su muy alta fidelidad de audio y su exactitud lingüística. El texto a voz es una conversión en tiempo real "sólo software", el número de canales que pueden ser servidos al mismo tiempo depende de la calidad de la voz y la potencia de CPU. Se compone en forma de una biblioteca, y todas sus características se acceden por un conjunto de API (Interfaz de Programación de Aplicaciones), que permiten el control de todos los aspectos del proceso de TTS. El texto es transformado en un archivo de audio o a su vez utilizado por una tarjeta telefónica, dependiendo la utilidad que se le otorgue [5].

## **3. IMPLEMENTACIÓN**

### **3.1 Desarrollo de la Metodología**

MSF contempla las siguientes etapas o fases de desarrollo:

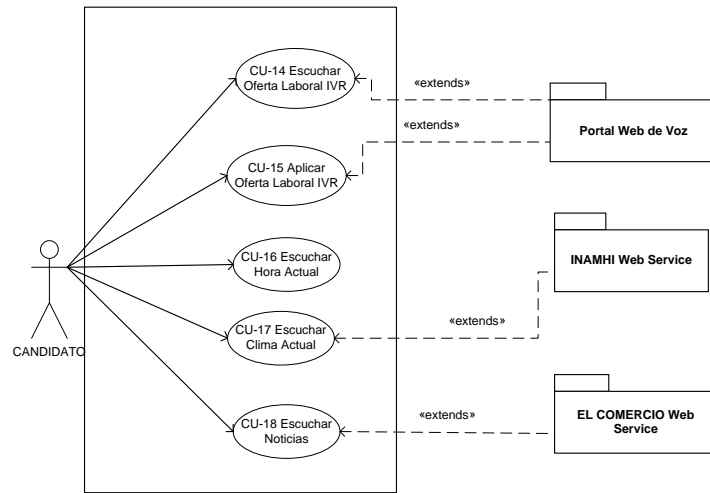
- **Fase de visionado:** Esta fase tiene por objetivo obtener una visión del proyecto compartida, comunicada, entendida y alineada con los objetivos del mismo, así como el de identificar los beneficios, requerimientos fundamentales, sus alcances, restricciones y los riesgos inherentes al proceso.
- **Fase de planificación:** En esta fase se realiza la preparación de la especificación funcional, diseño de la solución, planes de trabajo, costos estimados y calendarios para los entregables. Implica el levantamiento y el análisis de los requerimientos, de usuario, operacionales y de sistema.
- **Fase de desarrollo:** La meta de la fase de desarrollo es obtener iterativamente las fases de Planeación y de Estabilización de versiones del producto, entregables y medibles que permitan de cara al cliente probar características nuevas sucesivamente. Esto incluye los ajustes de cronograma necesarios.
- **Fase de estabilización:** El objetivo de esta fase es obtener una versión final del producto probada, ajustada y aprobada en su totalidad.
- **Fase de distribución:** El objetivo de esta fase es entregar (Instalar) al cliente el producto finalizado en su totalidad. Como garantía se han superado con éxito las etapas anteriores.

En el desarrollo del presente proyecto se cumplieron de manera rigurosa todas y cada una de las etapas o fases anteriormente descritas, con la finalidad de obtener un producto probado y ajustado a las necesidades de las personas con discapacidad. Los diagramas que sustentan la metodología utilizada son los siguientes: Diagramas de Casos de Uso, Diagramas de Secuencia, Diagramas de Actividad, Diagramas de clases, Diagrama Entidad Relación, Diagrama de Componente y Diagrama de Despliegue. A continuación se presentan los Diagramas Conceptuales del Modelo de Negocio del sistema, a fin de mostrar el diagrama de contexto de Casos de Uso y el Diagrama de Clases:

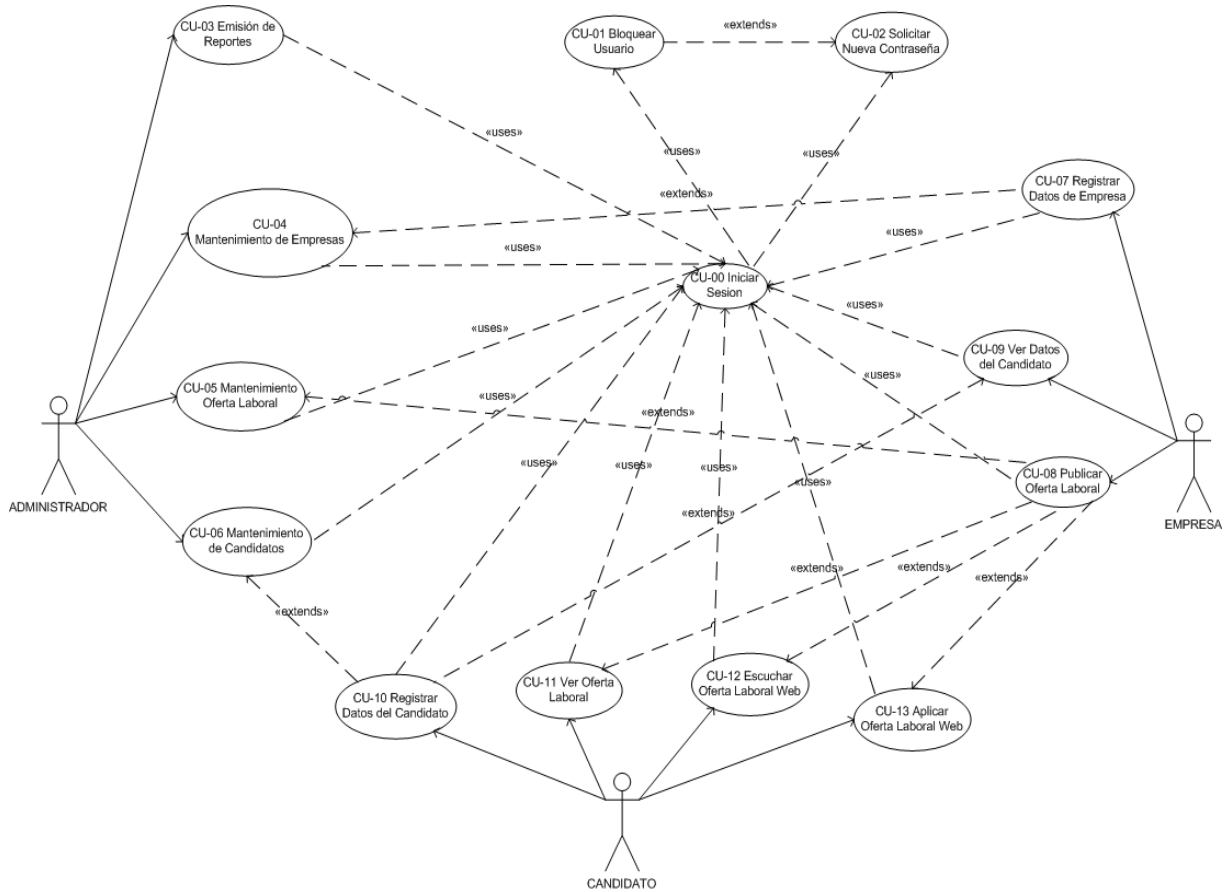
#### **Diagrama Caso de Uso**

En la Figura 2, se presenta el Diagrama de casos de uso del IVR, los mismos que representan el menú de opciones que el usuario escuchará a través del teléfono, como por ejemplo escuchar la hora actual y la Figura 3, representa el Diagrama de casos de uso de la aplicación del Portal Web, los mismos que representan a las opciones o funcionalidades que el usuario puede hacer desde el portal.





**Figura 2:** Diagrama de Casos de Uso IVR.



**Figura 3:** Diagrama de Casos de Uso aplicación Portal Web.

**Diagrama de Clases**

En la Figura 4, se observa el Diagrama de Clases de la aplicación

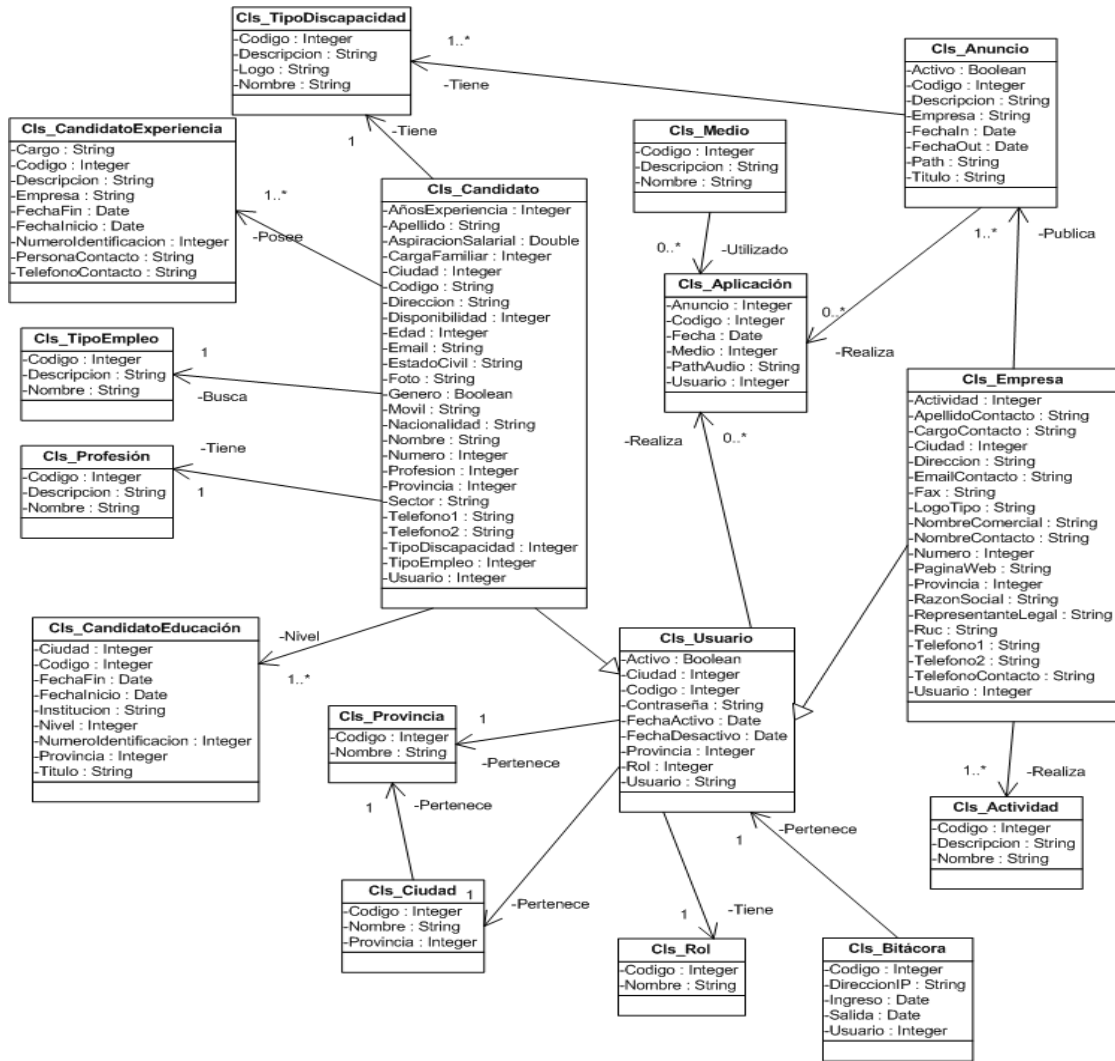


Figura 4: Diagramas de Clases.

### 3.2 Desarrollo de la Aplicación

El sistema DVOX, al estar compuesto por un portal web y un IVR, puede ser accedido desde cualquier parte del mundo, y en todo momento. La Figura 5, muestra la estructura del sistema.

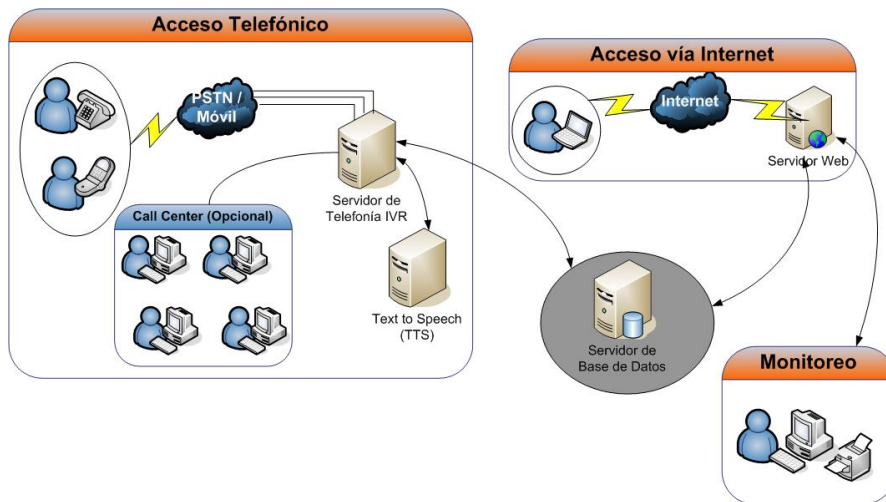
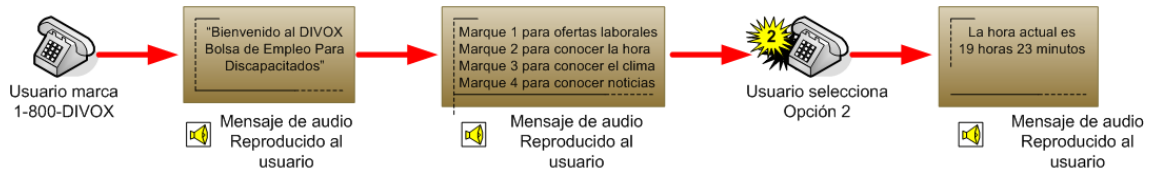


Figura 5: Arquitectura de la solución.

En la Figura 5 se muestra la arquitectura del sistema DVOX. Al ser un sistema web, utiliza el Internet como medio de transporte entre el servidor web y los clientes finales. El protocolo de comunicación empleado es TCP/IP. Para la aplicación IVR, el medio de transporte es la red telefónica, sea esta fija (PSTN) o celular, el protocolo de comunicación es R2, el mismo que es un protocolo de señalización punto a punto usado en líneas E1 [6], debido a que utiliza tarjetas Dialogic para el funcionamiento del Servidor de Telefonía. La Figura 6, presenta un gráfico representativo que describe el funcionamiento de DVOX y la aplicación IVR.



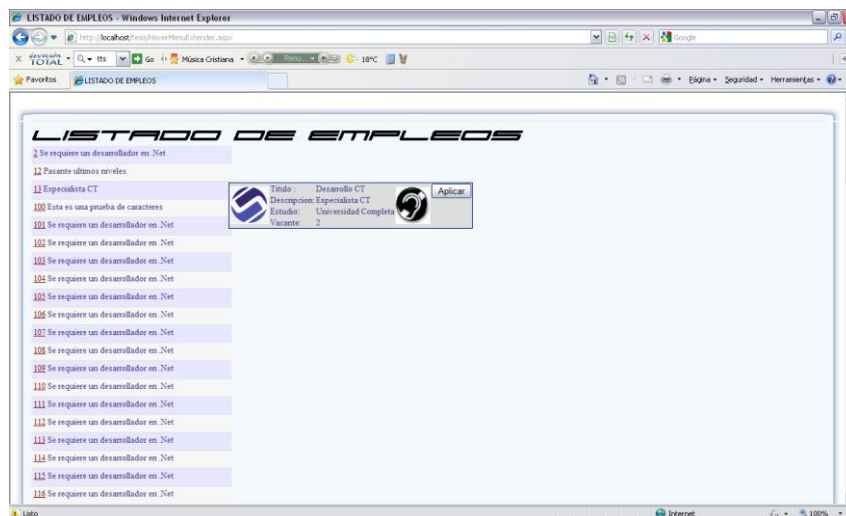
**Figura 6:** Funcionamiento de IVR.

A continuación se describe el funcionamiento del sistema DVOX, aplicación Portal Web:

- El usuario realiza una petición desde la aplicación hacia el servidor web.
- En el servidor web procesa la petición que fue realizada, con la finalidad de brindar una respuesta más rápida hacia el usuario, se implemento el manejo de la tecnología AJAX en el lado del servidor. Esta tecnología ayuda a responder de manera eficiente las peticiones de los usuarios sin la necesidad de recargar la página desde donde se encuentra interactuando, brindando una sensación de mayor interacción y rapidez.
- Si la petición realizada por el servidor necesita realizar una transacción con la base de datos, el servidor web realiza una conexión con un servicio web desde el cual se realizan las transacciones con la base de datos SQL Server.
- Una vez concluido el proceso de la petición del usuario, el servidor regresa el mensaje hacia la página web desplegando información.

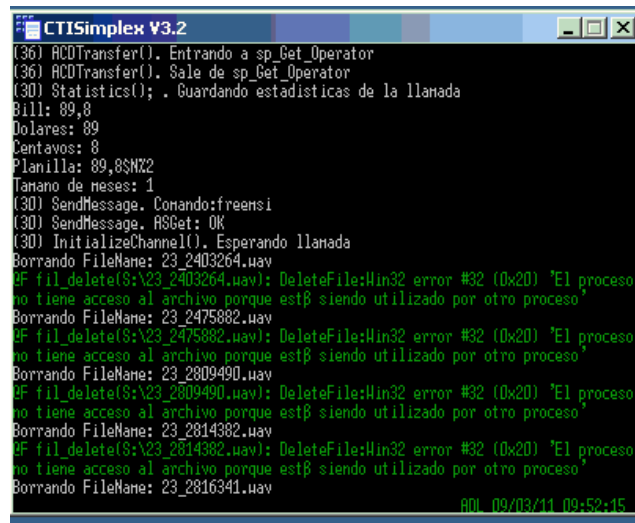
#### 4. RESULTADOS

Como resultado, del desarrollo del proyecto, se muestran las gráficas de las aplicaciones en funcionamiento. La Figura 7, muestra la aplicación Portal Web de Voz, en una de sus funcionalidades que es listar ofertas laborales.



**Figura 7:** Listar Ofertas Laborales.

La Figura 8, muestra la aplicación IVR, en su correcto funcionamiento, mientras ingresa una llamada.



```
CTISimplex V3.2
(36) ACDTransfer(). Entrando a sp_Get_Operator
(36) ACDTransfer(). Sale de sp_Get_Operator
(30) Statistics(); . Guardando estadísticas de la llamada
Bill: 89,8
Dolares: 89
Centavos: 8
Planilla: 89,8$M2
Tamano de meses: 1
(30) SendMessage. Comando:freersi
(30) SendMessage. ASGet: OK
(30) InitializeChannel(). Esperando llamada
Borrando FileName: 23_2403264.uav
BF fil_delete(S:\23_2403264.uav): DeleteFile:Win32 error #32 (0x20) 'El proceso
no tiene acceso al archivo porque está siendo utilizado por otro proceso'
Borrando FileName: 23_2475882.uav
BF fil_delete(S:\23_2475882.uav): DeleteFile:Win32 error #32 (0x20) 'El proceso
no tiene acceso al archivo porque está siendo utilizado por otro proceso'
Borrando FileName: 23_2809490.uav
BF fil_delete(S:\23_2809490.uav): DeleteFile:Win32 error #32 (0x20) 'El proceso
no tiene acceso al archivo porque está siendo utilizado por otro proceso'
Borrando FileName: 23_2814382.uav
BF fil_delete(S:\23_2814382.uav): DeleteFile:Win32 error #32 (0x20) 'El proceso
no tiene acceso al archivo porque está siendo utilizado por otro proceso'
Borrando FileName: 23_2816341.uav
AOL 09/03/11 09:52:15
```

**Figura 8:** Aplicación IVR, Atendiendo Llamada

## 5. TRABAJOS RELACIONADOS

DVOX, fue creado a partir de la necesidad de brindar una herramienta que elimine las limitaciones que las actuales bolsas de empleo presentan, con relación a la interacción con personas discapacitadas. Por esta razón no se encuentran trabajos relacionados dentro del mercado, debido a que como se manifestó anteriormente DVOX, busca la mejora y optimización de las bolsas de empleo genéricas. Sin embargo en el mercado actual existen un sin número de bolsas de empleo, las mismas que tienen grandes fortalezas así como grandes limitantes, uno de ellos el no estar diseñadas para cualquier tipo de usuario. Entre las más conocidas se puede nombrar:

- <http://www.multitrabajos.com>
- <http://www.computrabajo.com.ec/>
- <http://www.kmeyo.com>
- <http://porfinempleo.com>
- <http://empleo.espe.edu.ec/>

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El punto más relevante conseguido al desarrollar el proyecto, ha sido el demostrar las potenciales funcionalidades que la tecnología ofrece, enfocados al beneficio y desarrollo de las personas con discapacidades. El proyecto realiza funciones de respuesta interactiva de voz (IVR), integración telefónica computacional, pudiendo agregarse la distribución automática de las llamadas (Call Center), que demuestran de manera práctica los futuros usos en los que se puede seguir desarrollando.

Debería darse una mayor difusión a las capacidades que poseen la integración de redes computacionales con las telefónicas. Actualmente en el mercado nacional, la mayoría de las consultas se las realiza mediante la utilización del teléfono, aprovechando la masificación y su fácil uso. Por lo tanto las aplicaciones potenciales en esta área son muy extensas.

**REFERENCIAS:**

- [1] Resultados de la Encuesta Proyecto ESADE “Situación Actual de los Discapacitados en el Ecuador”.
- [2] Roger S. Pressman, “Ingeniería del software un enfoque practico”, Quinta edición, México
- [3] [Online] <http://es.wikipedia.org/wiki/Web>
- [4] Diccionario Informático, <http://www.alegsa.com.ar/Dic/servicio%20web.php>
- [5] Are you ready for the future? Available at <http://www.loquendo.com/es/index.htm>
- [6] Telefonía IP, Protocolos de Señalización <http://www.monografias.com/trabajos16/>

## **Control y Verificación de asistencia para estudiantes de la Modalidad de Estudios a Distancia usando colectores de Datos y Tecnología de Código de Barras.**

C. Andrade, S. Cardenas, G. Raura

*Departamento de Ciencias de la Computación, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador*

[Christianandrade14@hotmail.es](mailto:Christianandrade14@hotmail.es), [scardenas@espe.edu.ec](mailto:scardenas@espe.edu.ec), [georaura@gmail.com](mailto:georaura@gmail.com)

**RESUMEN:** El proyecto propone la ejecución de un sistema que permita el control y verificación de la identidad de los estudiantes en el proceso de toma de exámenes presenciales de la Modalidad de Estudios a Distancia (*MED*). El sistema empleará la tecnología de los dispositivos Móviles y código de barras, éstas trabajarán conjuntamente y tendrán como objetivo principal el validar la identidad del estudiante y un conjunto de aspectos referentes a el alumno, como son; materias, cruce de horarios, autorizaciones especiales para cambios de centros, exámenes atrasados y exámenes por internet. El Proyecto presenta dos aplicativos; el primero y básico es el aplicativo PC en éste se registran las autorizaciones y horarios, así como también obtiene reportes referentes a horarios, autorizaciones entre otros. El otro es el aplicativo Móvil, el cual realiza la verificación de los datos que se generaron en el PC. Los dos aplicativos son dependientes uno del otro, por lo que el dispositivo móvil necesita transferir los datos generados en el aplicativo PC para luego procesarlos y finalmente devolverlos al PC y obtener los respectivos reportes del proceso. Los resultados obtenidos después de las pruebas realizadas fueron satisfactorios, se logró cumplir la meta principal del proyecto, la cual es controlar y verificar la identidad y las autorizaciones especiales.

**ABSTRACT:** This project proposes to implement a system that generates control and verification of student's identity in the process of attendance of the presencial test of Distance Learning Modality (*Modalidad de Estudios a Distancia -MED*). The system will be utilized Mobile devices and barcode readers technology, both technologies will work together on the same objective that is to validate the identity of the student and whole information student-related as they are: subjects, crossing of schedules, special authorizations of campus changes, delayed exams and exams by internet. This project wraps two modules; the PC module, which is the primary system and in which authorizations and schedules are registered, as well as reports concerning schedules, authorizations among others. The second module is called Mobile, and it does the data validation of the data stored in the PC module. These two modules depend upon each other, as the Mobile module needs to transfer the data generated on the PC module to process it and then send it back to the PC to obtain the process reports. The results gotten after the tests were satisfactory. We fully accomplished the goal, which was controlling and verifying the student's identity and special authorizations.

## 1 INTRODUCCIÓN

El Departamento de Ciencias de la Computación, ha generado un portafolio de proyectos que se encuentran alineados con la Estrategia General de la ESPE, orientada a la innovación y mejora continua de los Procesos institucionales; trabaja proactivamente y en equipo con los señores Docentes y Estudiantes Egresados de sus carreras, a fin de que se cristalice el desarrollo de los mismos mediante la elaboración de tesis.

La MED, está considerada en el país como líder del Sistema Nacional de Educación Superior a distancia, acreditada a nivel nacional. Su meta es la de crear, difundir e implantar proyectos que permitan proporcionar alternativas de solución a los problemas generados en los procesos académicos y administrativos que se presentan al momento de ejecutarlos en forma manual.

Por lo que uno de los procesos que se desea automatizar es la verificación de identidad de los estudiantes que acuden a rendir los exámenes presenciales, así como también la validación de sus horarios, cruces, autorizaciones entre otros; por lo que es necesaria la aplicación de nuevas tecnologías como aplicaciones de dispositivos móviles a través de lectura de código de barras.

El presente proyecto es un elemento que inicia el proceso de recepción de exámenes en forma automática, y que se integra con la aplicación web que permite receptor los exámenes y obtener las calificaciones; se logra la automatización del proceso completo de recepción de exámenes presenciales que tiene la MED.

El resto del artículo ha sido organizado como sigue: La sección 2 describe el Fundamento Teórico aplicado en el proyecto. La sección 3 detalla el Análisis y Diseño del Sistema, así como también el análisis de procesos actuales y procesos que propone el presente proyecto. En la sección 4 se explica la implementación así como las herramientas utilizadas en el mismo. En la sección 5, se realiza las pruebas y resultados obtenidos en el pilotaje realizado en el mes de Diciembre del 2008 entre las semanas de 6,7 y 14,15 de Diciembre. En la sección 6 se detallarán las conclusiones y trabajo futuro.

## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1 *Colector de Datos*

El colector de datos o también denominado dispositivo móvil cada vez tiene más acogida en las empresas de hoy en día, si bien es cierto el área bodeguera es donde más se aplica dichos colectores, también se lo puede aplicar en empresas que demanden cantidad de productos, personal y lo concerniente al manejo de inventarios.

El colector de datos está diseñado especialmente para soportar el trabajo duro, soporta caídas, agua y creado especialmente para ambientes en el cual se genera calor y polvo. El colector de datos es la solución perfecta en cuanto a aplicaciones en el sector retail, logística y automatización de las fuerzas de campo, para gestión de inventarios, aplicaciones de oficina, sanidad y empresas fabricantes.

### 2.2 *Código de Barras*

El código de barras es la representación de una determinada información, mediante un conjunto de líneas paralelas verticales de diferente grosor y espaciado. La correspondencia o mapeo entre los mensajes que representan y el código de barras se denomina “Simbología”. El código de barras más utilizado en los comercios a nivel mundial es el EAN13. El colector de datos lleva en su interior un potente laser con el

cual lee las barras que significan el código binario, el cual reconoce la computadora. La diferencia entre las barras más delgadas y las más gruesas es el 1 y el 0.

#### 2.4 RUP (Proceso Unificado de Racional)

El RUP no es un sistema con pasos firmemente establecidos, sino un conjunto de metodologías adaptables al contexto y necesidades de cada organización [1]. Uno de los principales objetivos que busca RUP, es asegurar la calidad del proyecto y las fechas de entrega de los dos aplicativos, con su respectiva documentación.

#### 2.5 UML (Lenguaje Unificado de Modelado)

UML es la base para el modelado visual del sistema a desarrollarse, con este modelo podemos observar en forma macro, las características de nuestro sistema y entender de mejor manera sus relaciones. *UML, por sus siglas en inglés, Unified Modeling Language*) es el lenguaje de modelado de sistemas de software más conocido y utilizado en la actualidad; está respaldado por el *OMG (Object Management Group)*. Es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema. UML ofrece un estándar para describir un "plano" del sistema (*modelo*), incluyendo aspectos conceptuales tales como procesos de negocio y funciones del sistema, y aspectos concretos como expresiones de lenguajes de programación, esquemas de bases de datos y componentes reutilizables [2].

### 3 ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA

#### 3.1 Procesos Actuales

- Proceso 1.- La verificación de la identidad del estudiante se lo realizará mediante el pedido de un documento de identidad, el cual es analizado por el profesor a cargo.
- Proceso 2.- La toma de la asistencia es realizada por el profesor a cargo, el cual recibe el listado de los estudiantes que viene adjunto en el sobre de los exámenes.
- Proceso 3.-En cuanto al cruce de materias, cada estudiante revisa su horario y si se genera el cruce de materias se dirige al aula asignada, en ésta el docente delegado se encargará de verificar dicho cruce.
- Proceso 4.- Al profesor a cargo se le entregará el listado de estudiantes que deben rendir exámenes atrasados, junto con las respectivas autorizaciones.

Para observar los procesos actuales véase Figura 1.

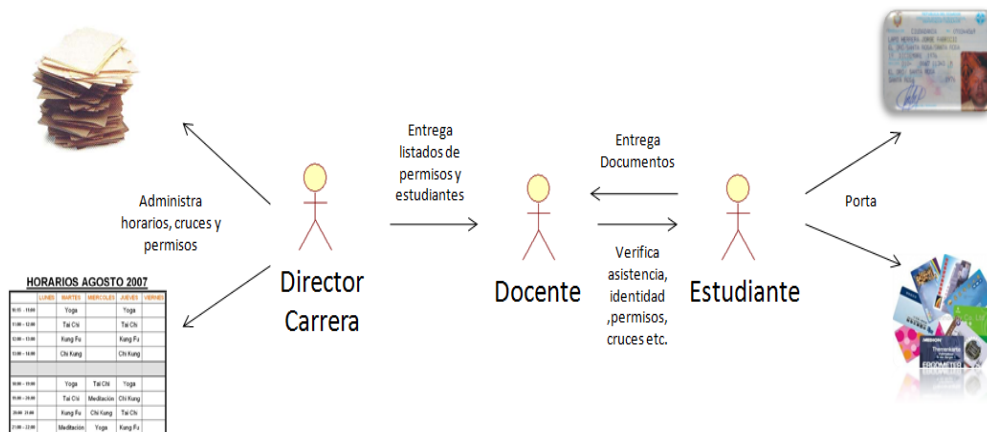


Figura 1: Diseño Físico de Procesos Actuales.



### 3.2 *Procesos Propuestos*

#### 3.2.1 *Procesos que realizará el Aplicativo PC:*

- *Autorizaciones*

Proceso 1.- El operario PC puede asignar tres tipos de autorizaciones:

- ✓ Para cambios de centros.

El estudiante deberá presentar una justificación del porqué desea una autorización para cambio de centro.

- ✓ Para rendir exámenes atrasados.

El estudiante deberá presentar una solicitud, pago al banco y certificado para que obtenga la autorización; dependiendo de los documentos que entregue el estudiante, la autorización se lo considerará negada, pendiente o autorizada.

- ✓ Rendir exámenes por internet.

El estudiante deberá presentar la documentación para obtener la autorización y poder rendir el examen por Internet.

- *Horarios*

Proceso 2.- El operario PC deberá ingresar y administrar los horarios de las materias que competen a la carrera que se encuentra asignado.

Proceso 3.- El sistema debe validar las materias que faltan por definir los horarios.

- *Reportes*

Proceso 4.- Obtendrá el listado de los estudiantes que presentarán cruces de materias.

Proceso 5.- Obtendrá el listado de todos los alumnos que tuvieron algún tipo de autorización.

Proceso 6.- Genera reporte de los horarios.

Proceso 7.- Genera reporte de autorizaciones que serán entregadas a los estudiantes para que puedan dirigirse a las aulas que les corresponde, el certificado deberá ser entregado al profesor encargado del aula y así el estudiante pueda rendir su examen sin problema.

Proceso 8.- Podrá generar la nómina de estudiantes que presentaron autorizaciones y ésta información agrupada por periodos académicos y parciales.

#### 3.2.2 *Procesos que realizará el Aplicativo Móvil:*

- *Transferencia*

Proceso 1.- El administrador deberá realizar la transferencia de la información de los estudiantes con sus respectivos datos personales y académicos.

Proceso 2.- El administrador deberá realizar la transferencia de todos los datos concernientes a los horarios.

Proceso 3.- El administrador deberá realizar la actualización de datos de los estudiantes y los horarios, la actualización se lo ejecutará en cualquier momento ya que es necesario tener actualizado los datos de autorizaciones.

- *Toma de Exámenes*

Proceso 4.- El estudiante deberá entregar su carné al profesor a cargo, una vez entregado y leído el código de barras, se procede a validar los datos concernientes al estudiante y si no existen problemas se desplegará la carrera, materia que le corresponde en el horario y la fotografía del estudiante.

- *Toma de Exámenes con Cruce*

Proceso 5.- Leído el carné del estudiante, el aplicativo validará los datos del estudiante, si está correcto se desplegará las materias que el estudiante presenta un cruce, estas materias serán registradas una a una según el estudiante las vaya rindiendo.

- *Toma de Exámenes Atrasados*

Proceso 6.- Leído el carné del estudiante, el aplicativo validará los datos concernientes al estudiante y si no existen problemas se desplegará las materias que el estudiante presenta un atraso, estas materias serán registradas una a una si es que tuviese varias materias atrasadas, caso contrario solamente se registrará la única, así mismo se desplegará la fotografía del estudiante.

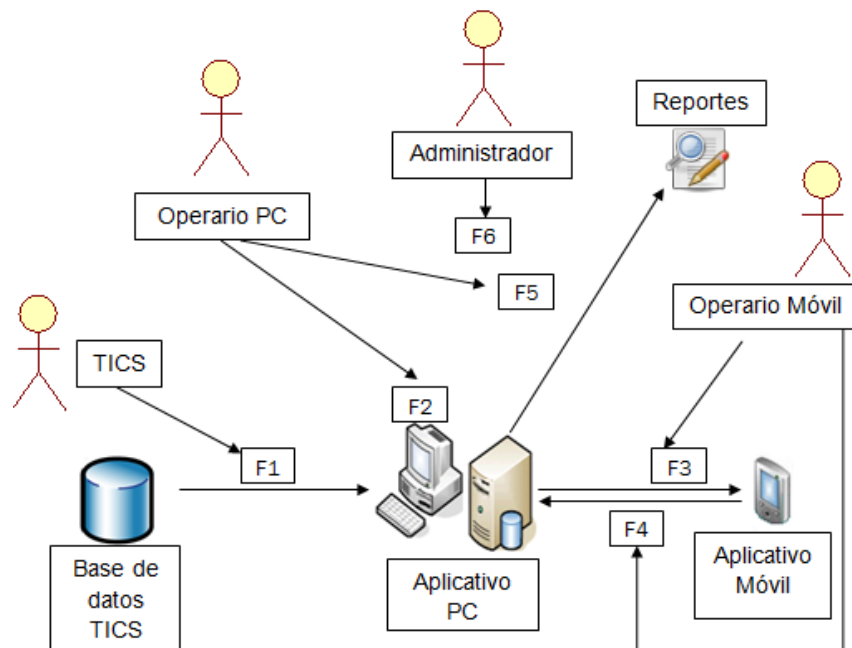
- *Consultas y Reportes*

Proceso 7.- Leído el carné del estudiante, el aplicativo desplegará todos los datos informativos concernientes a dicha cédula, así como el estatus de sus materias.

Proceso 8.- El operario móvil podrá saber el horario de cualquier carrera.

Proceso 9.- El operario móvil podrá observar reportes de asistencia de los estudiantes y número de exámenes receptados por asignatura y por carrera.

Para observar los procesos propuestos por el proyecto véase Figura 2.



**Figura 2: Diseño lógico y Físico de Procesos Propuestos.**

**Donde:**

**F1=** Se ejecuta el proceso automático para cargar los datos proveniente de un sistema externo (Sistema Escolástico), a la base de datos del sistema a desarrollarse Control y Verificación de Asistencia (CVA).

**F2=** Se ejecutan las funciones del Aplicativo PC.

**F3=** Se carga el colector con los datos del Aplicativo PC.

**F4=** Una vez realizada la toma y registrados los estudiantes, se procede a descargar los registros del colector al Aplicativo PC.

**F5=** Se procede a generar reportes

**F6=** Como administrador cumple todas las funciones mencionadas anteriormente (F2; F3; F4; F5)

## **4 IMPLEMENTACIÓN**

Para la implementación se utilizaron herramientas Microsoft tanto en la parte de la programación como en los motores de Bases de datos.

### ***4.1 Herramientas Utilizadas en el Aplicativo PC***

Para la Programación se utilizó .NET 2005 con el Compact FrameWork 2.0 trabajando sobre plataforma Windows Vista, así mismo para el motor de base de datos se utilizo SQL Server 2000.

### ***4.2 Herramientas Utilizadas en el Aplicativo Móvil.***

Para la programación se utilizó .NET 2005 trabajando sobre plataformas Windows CE (*Compact Edition*), para el motor de base de datos se opto por trabajar con la misma familia Microsoft por presentar ventajas en compatibilidad, el motor de base de datos aplicado es el SQL Server CE (*Compact Edition*). SQL Server Compact Edition (*SQL Server CE*) es el motor de base de datos para PocketPC, su creación y funcionamiento está basado en el proveedor de datos de .NET Compact Framework el cual fue desarrollado con tecnología .NET de Microsoft[3].

### ***4.3 Herramienta de Conexión con el dispositivo Móvil.***

Para la conexión de los dos aplicativos tanto el de PC como Móvil se opto por utilizar la herramienta denominada Active Zinc que en la actualidad con su nueva versión para equipos que trabajan sobre plataformas Windows Vista se lo ha denominado WMDC (*Windows Mobile Device Center*). Windows Mobile Device Center es el ActiveSync de Windows Vista, el módulo de sincronización que necesitas para comunicar tu PDA o tu smartphone con Windows Vista [4].

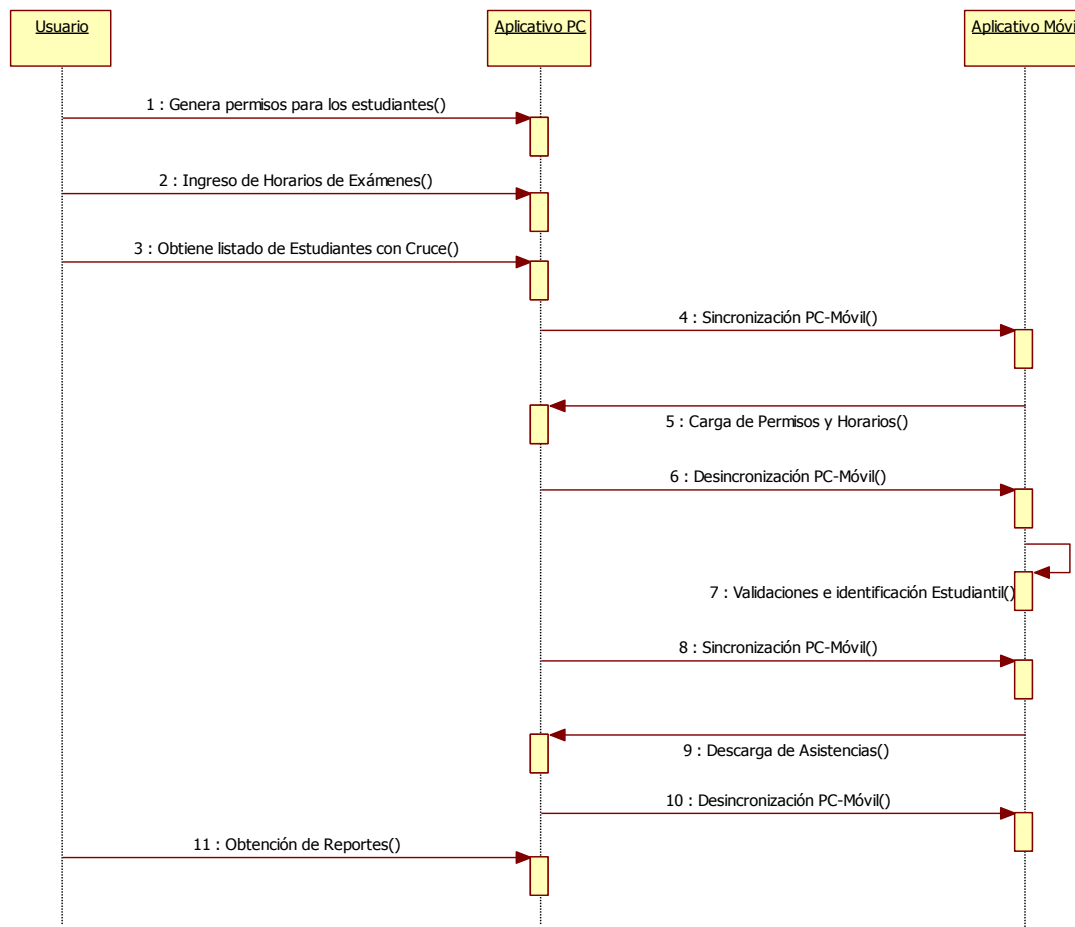
### ***4.4 Herramienta para la visualización del dispositivo Móvil en nuestro PC.***

Existen diversas herramientas en el mercado que permiten manipular el dispositivo Móvil desde nuestro PC, la que se utilizó en el presente proyecto se llama RDC (*Remote Display Control*). Este programa de Microsoft te permite manejar y controlar de manera remota la Pocket PC desde tu PC de escritorio. Muy útil para demostraciones

sobre lo que tu PPC es capaz de hacer u otros enredos. Este programa utiliza TCP/IP y puede trabajar con conexiones mediante Active Sync vía Ethernet o Dial-Up [5].

Los dispositivos móviles (*también conocidos como computadora de mano, «Palmtop» o simplemente handheld*) son aparatos de pequeño tamaño, con algunas capacidades de procesamiento, móviles o no, con conexión permanente o intermitente a una red, con memoria limitada, diseñados específicamente para una función, pero que pueden llevar a cabo otras funciones más generales [6].

La implementación contempla la creación de dos aplicativos, el uno tipo PC y el otro un aplicativo Móvil. El aplicativo PC se encontrará instalado en cada uno de las PCs de los directores de carrera que presenta la MED (*Modalidad de Estudios a Distancia*), y el aplicativo Móvil será entregado a docentes delegados de la modalidad (Véase Figura 3).



**Figura 3: Diagrama de Secuencia de aplicativo PC y Móvil**

En la figura 3 se muestra el diagrama de secuencia del sistema, en este se detalla los procesos que debe seguir el aplicativo PC y el Móvil.

*Proceso 1.-* Cada director de carrera asigna permisos a los estudiantes ya sean estos de cambios de centro, autorizaciones para rendir exámenes atrasados o autorización para rendir exámenes por internet.

*Proceso 2.-* El director de carrera genera sus horarios de exámenes, este proceso le servirá al móvil para realizar validaciones de materias.

*Proceso 3.-* Una vez generado autorizaciones y horarios, el aplicativo PC puede ya obtener reportes de cruces de materias.

*Proceso 4.-* La sincronización permitirá la comunicación del aplicativo PC y Móvil.

*Proceso 5.-* La transferencia de datos desde el aplicativo PC al dispositivo Móvil se ejecuta.

*Proceso 6.-* Una vez cargado el dispositivo se procede a la desconexión PC-Móvil.

*Proceso 7.-* Este proceso se encargará de controlar y verificar al estudiante.

*Proceso 8.-* Una vez terminado la jornada de exámenes se procede a sincronizar el dispositivo con el aplicativo PC.

*Proceso 9.-* Se procede a descargar al aplicativo PC la información que presenta el colector.

*Proceso 10.-* El dispositivo móvil se desconecta del Aplicativo PC.

*Proceso 11.-* El director de carrera obtiene reportes cuantitativos de los estudiantes que asistieron a la jornada de exámenes.

## 5 PRUEBAS Y RESULTADOS

### 5.1 Pruebas del aplicativo PC

Se realizaron algunas pruebas dentro del aplicativo PC; aquí se ingresó el horario de la carrera Tecnología en Computación de forma manual en el sistema, después se cargó la base de datos de los estudiantes a través de una hoja de Excel que proporcionó la Unidad de Tecnología de Información y comunicación (UTICS).

Una vez cargados todos los datos, se hicieron pruebas dentro de la opción de autorizaciones, donde se dieron autorizaciones para rendir exámenes atrasados, por Internet y también se realizaron cambios de centros a los estudiantes (Véase figura 4).

Posteriormente se probó la opción de reportes, donde se obtuvo el listado de todos los estudiantes que tienen cruce de materias, se comprobó si en realidad existía el cruce de materias en los alumnos, teniendo resultados satisfactorios. Las pruebas realizadas en este aplicativo se hicieron fuera de la jornada de exámenes.

**AUTORIZACIONES DE LA CARRERA <<TECNOLOGIA EN COMPUTACION>>**

Busqueda de Alumno  Habilitar la busqueda por materia  
 Cedula:  Materia:   
 Nombre:

**Datos del Estudiante**

Cedula:  Nombre:  Apellido:   
 Materia:  Carrera:  Centro:

**AUTORIZACIÓN PARA CAMBIO DE CENTRO**  
 Seleccione el Centro

**AUTORIZACIÓN PARA RENDIR EXÁMENES ATRASADOS**  
 Permiso Atraso:  Nota:   
 Solicitud  Pago  Certificado

**AUTORIZACIÓN PARA RENDIR EXÁMEN POR INTERNET**  
 Digite el motivo del permiso

	CEDULA	NOMBRE	APELLIDO	MATERIA	CENTRO	CAMBIO CENTRO	PERMISO ATRASO
▶	1722650742	JUAN CARLOS	POZO LEON	PROCESOS CONTABLES	50	50	Autorizado(sol + pag + cert)-16

**Figura 4:** Autorizaciones para estudiantes de la carrera Tecnología en Computación

## 5.2 Pruebas del aplicativo Móvil

Una vez realizado el sistema en base a los requerimientos planteados, se procedió a realizar las pruebas del sistema con los estudiantes de la Tecnología en Computación.

La base de datos de los estudiantes fue transferida al aplicativo PC y trasladada al móvil; con toda la información lista se realizaron las pruebas con los estudiantes que fueron a rendir sus exámenes presenciales (Véase figura 5).

Se les pidió su cédula o algún documento que los identifique sobre todo para quienes no poseen carné institucional, se ingresó de forma manual el número de cédula, después se verificó en el sistema la información del estudiante junto con su horario para realizar la toma de asistencia del alumno; en algunos casos se encontró a algunos estudiantes que se encontraban rindiendo exámenes en un centro que no les correspondía, otros que tenían cruce de materias y no estaban en el aula asignada para estas materias (Véase Figura 6), estudiantes que tenían documentos de identificación ilegibles, entre otros problemas.

Una vez detectadas las falencias que tiene la MED, se hicieron cambios en el sistema para solventar los problemas y proceder a las pruebas siguientes, las cuales consistían en transferir todos los estudiantes de la MED en el móvil para medir la capacidad que éste tenía y el tiempo que se demora en la toma de asistencia por estudiante, aquí surgieron otros problemas; el móvil se tardaba un poco más de tiempo en la toma de asistencia por estudiante, la base otorgada por TICS no estaba correcta, por lo que se tuvo que ingresar manualmente los horarios de cada carrera en la Modalidad de Estudios a Distancia (MED).

Después de terminadas las jornadas de exámenes se descargaron los datos del aplicativo Móvil al aplicativo PC, ahí se pudo ver los alumnos que rindieron sus exámenes normalmente, quienes lo hicieron atrasados, etc.



Figura 5: Toma de Estudiantes



Figura 6: Toma de Estudiantes con Cruce

### 5.3 Resultados Obtenidos

Los resultados obtenidos en el pilotaje realizado el mes de Diciembre del 2008 fueron satisfactorios, las pruebas se realizaron en la carrera de Tecnología en Computación abarcando más de 700 estudiantes, el proceso duró aproximadamente 5 horas por cada día teniendo en cuenta que fueron 4 días.

Los resultados obtenidos en las segundas pruebas no fueron 100% satisfactorios, ya que en este se trató de ver el rendimiento del dispositivo Móvil, se abarco a más de 12000 estudiantes de la modalidad de estudios a distancia. El principal problema que se obtuvo fue el del rendimiento del dispositivo ya que en la lectura por estudiante el tiempo de procesamiento aproximado era de 20 a 25 segundos por lo que se determinó que estas cifras no son aceptadas; el tiempo límite que debe soportar el procesamiento es de un máximo de dos segundos por estudiante esto se logra con la carga de aproximadamente 1000 estudiantes en un solo colector de datos.

## 6 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La identificación del estudiante es un proceso que no se puede dejar de lado, por lo que a partir de esta idea se creó el presente proyecto. Se entrega un proyecto que garantiza seguridad, control y que satisface las necesidades de los usuarios finales, dejando abierta la posibilidad de que a futuro este proceso se solvete de mejor manera con la aplicación de la tecnología RFID, la cual haría el mismo proceso pero mucho más rápido; siempre y cuando se cuente con la infraestructura necesaria.

Todos los departamentos que dependen de este proyecto cumplan a cabalidad su trabajo; por ejemplo, que todos los carnés de los estudiantes presenten una buena impresión de código de barras, así como la correcta entrega de los datos al sistema, ya sea la base de fotografías de los estudiantes como los datos correspondientes a los mismos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://es.wikipedia.org/wiki/RUP> Feb 2009
- [2] [http://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje\\_Unificado\\_de\\_Modelado](http://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje_Unificado_de_Modelado) Mar 2009
- [3] <http://es.wikipedia.org/wiki/SqlServer> ce Mayo 2009
- [4] <http://windows-mobile-device-center.softonic.com/>
- [5] [http://www.todopocketpc.com/biblioteca\\_detalle\\_programa.asp?id\\_programa=76](http://www.todopocketpc.com/biblioteca_detalle_programa.asp?id_programa=76)
- [6] [http://es.wikipedia.org/wiki/Dispositivo\\_móvil](http://es.wikipedia.org/wiki/Dispositivo_móvil) Sep 2009

## Diseño e Implementación de una Arquitectura de Datawarehouse Escalable

P. Garzón, C. Rojas y M. Almache.

*Departamento de Ciencias de la Computación, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador*  
[pablogg.ec@hotmail.com](mailto:pablogg.ec@hotmail.com); [crrojas@espe.edu.ec](mailto:crrojas@espe.edu.ec); [gmalmache@espe.edu.ec](mailto:gmalmache@espe.edu.ec)

**RESUMEN:** El desarrollo de un Datawarehouse es una alternativa utilizada a nivel empresarial en soluciones de Business Intelligence (BI), proporcionando información de soporte para la toma de decisiones. Los beneficios de una solución de BI, pueden aprovecharse, anticipadamente, a la finalización de un proyecto de desarrollo, cuando se utiliza una metodología por ciclos iterativos; proporcionando, incrementalmente, los recursos para análisis de información. El presente artículo, explora el desarrollo de una solución de BI, basándose en el diseño de una arquitectura de Datawarehouse, con características de escalabilidad, posibilitando la integración progresiva de sistemas de origen de datos y, la construcción de aplicaciones de BI. El diseño de esta arquitectura se ajusta a un proceso de desarrollo por ciclos iterativos; para realizarlo, se definieron los elementos principales y funciones, que determinan las características de escalabilidad. El desarrollo de un Datawarehouse, para el Proceso de Mesa de Servicios de la Empresa TATA CONSULTANCY SERVICES, utiliza las bondades de BI a través de un desarrollo incremental en tres ciclos, cuyos resultados permitieron determinar que, los recursos de información para BI, pueden ser generados desde el primer ciclo de desarrollo, incrementando su alcance en los ciclos posteriores.

**ABSTRACT:** Data warehousing is an alternative used in enterprise business intelligence solutions to provide information and support for decision making. The benefits of a BI solution can be used before the completion of a development project when using a methodology for incrementally iterative cycles, providing resources to users for information analysis. This article explores the development of a BI solution, aligned to the mentioned background, based on the design of a Datawarehouse architecture with scalability features for the progressive integration of data source systems and building of business intelligence applications. This architecture design conforms to a development process by iterative cycles. For the development of it, were defined the main elements of the architecture and functions that determine the characteristics of scalability. For validation of this approach, was implemented a case study which is based on the incremental development of a Datawarehouse in three cycles; its results shows that information resources for business intelligence can be generated from the first cycle of development by increasing its scope in subsequent cycles.



## 1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo de un Datawarehouse (almacén de datos) es una alternativa utilizada, a nivel empresarial, para soluciones de BI que proporcionan, a nivel directivo, aplicaciones de presentación de información para una oportuna toma de decisiones. Los beneficios de una solución de BI normalmente no pueden percibirse antes, durante, e incluso al finalizar su desarrollo, cuando se utiliza una metodología estructurada, sino, posteriormente a la liberación del producto. Por el contrario, una metodología por ciclos iterativos, permite adelantar los recursos para análisis de información e incrementarlos progresivamente. La revista electrónica GestioPolis, en su publicación “Implementación incremental para Datawarehouse”, menciona que, la metodología incremental, nace con la finalidad de definir indicadores que entreguen información relevante para la toma de decisiones, agilizando la puesta en marcha del proyecto de implementación de un Data Warehouse [1]. En concordancia con este concepto, la comunidad de personas interesadas en compartir conocimiento sobre temas relacionados con datos (Dataprix.com), se refiere a la construcción e implantación de un Datawarehouse como un proceso evolutivo, haciendo referencia a la metodología rápida de desarrollo iterativo del mismo RWM [2].

Por su naturaleza, un Datawarehouse requiere ser versátil para adaptarse a los cambios que ocurren en las organizaciones y, satisfacer las demandas permanentes de información para análisis de BI. Como contribución, el presente artículo, trata de la implementación de un Datawarehouse basado en un diseño de arquitectura escalable, aplicando una metodología de desarrollo por ciclos iterativos enfocado en: *i*) la integración de nuevos sistemas fuente de datos; *ii*) el desarrollo incremental de aplicaciones de BI. Para realizarlo, se definen los elementos principales de una arquitectura Datawarehouse y su función, para obtener un modelo de solución escalable desde el punto de vista de diseño. También, se analiza la relación existente entre las tendencias de crecimiento a nivel de número de objetos de las bases de datos intervinientes. La meta final es, demostrar que, las aplicaciones de BI, como informes automáticos y, cubos de información, reducen la necesidad de generación manual de información; y, los resultados, muestran que ésta (la información) puede ser generada de manera automática desde el primer ciclo de desarrollo, incrementando su alcance en los ciclos posteriores.

El resto del artículo ha sido organizado de la siguiente forma: La sección 2, describe el modelo de arquitectura de un Datawarehouse escalable. La sección 3, detalla la implementación iterativa realizada, en base al diseño propuesto. En la sección 4, se muestran los resultados obtenidos de la implementación. En la sección 5, se analizan algunos trabajos relacionados al tema. Finalmente, en la sección 6, se presentan las conclusiones y trabajos.

## 2 DISEÑO DE ARQUITECTURA DE UN DATAWAREHOUSE ESCALABLE.

Al hablar de un diseño de arquitectura Datawarehouse escalable, puede hacerse referencia a varios aspectos, como por ejemplo: *i*) el crecimiento de los datos en la estructura de un Datawarehouse; *ii*) el número de usuarios que utilizan las aplicaciones de BI; *iii*) la integración de nuevos orígenes de información al Datawarehouse, *iv*) el desarrollo de aplicaciones de BI a partir de un Datawarehouse existente. Este artículo se centra en los dos últimos ítems.

## 2.1 Elementos del diseño.

La Figura No.1 ilustra los elementos básicos que forman parte del modelo conceptual de una solución Datawarehouse [3], mismos que son explicados a continuación:

- **SISTEMA DE ORIGEN.** Son uno o varios sistemas informáticos utilizados por la organización para sus funciones operativas o de negocio. Para un Datawarehouse, los sistemas de origen, son los proveedores de los datos, mismos que serán transformados y preparados para su explotación en aplicaciones de análisis.
- **ETL.** Proceso de Extracción Transformación y Carga de datos desde los Sistemas de Origen a las bases de datos del Datawarehouse. La responsabilidad de mantener la consistencia de los datos, en un Datawarehouse, está en la programación correcta de los procesos ETL. Un proceso ETL puede utilizar una base de datos (BD) auxiliar, siendo sus funciones principales limpiar, depurar y homologar los datos; sobre todo, cuando provienen de diferentes fuentes. Las diferentes plataformas, para el desarrollo de soluciones de BI, proveen herramientas y servicios integrados para las funciones de ETL.

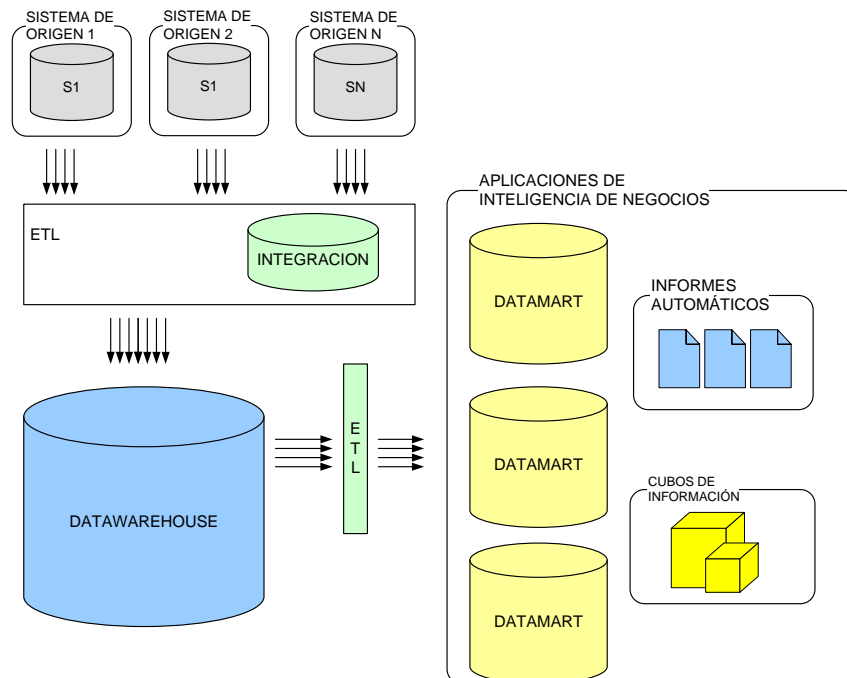


Figura No 1. Diseño de arquitectura de un Datawarehouse escalable.

- **BASES DE DATOS DE DATAWAREHOUSE.** Una o varias bases de datos, que constituyen el medio lógico y físico, encargado de guardar los datos procesados por los ETL desde los sistemas de Origen. La BD Datawarehouse es el centro del diseño de la arquitectura; su modelo de datos debe ser orientado a las características propias de un Datawarehouse: Orientación a entidades, Integración, No volatilidad, Carga y consulta masiva de datos.
- **APLICACIONES DE BI.** Son las aplicaciones o herramientas destinadas a la explotación de los datos, proveyendo un aspecto analítico de la información como soporte al proceso de toma de decisiones. Normalmente, las aplicaciones de BI, pueden ser desarrolladas sobre plataformas integradas para análisis de datos multidimensionales OLAP y servicios para la generación de informes automáticos. Para la presentación de datos, en estas aplicaciones, el uso de bases de datos DATAMART son una alternativa adecuada por sus características, ya

que, resume grandes cantidades de datos en información específica que el usuario quiere conocer, pudiendo visualizarla en la aplicación para realizar análisis específicos, sin tener que escudriñar manualmente los grandes bloques de datos.

## **2.2 Escalabilidad en la integración de sistemas de origen de datos.**

Consiste en integrar nuevos sistemas de origen de datos a un Datawarehouse existente. La clave para alcanzar esta característica se encuentra en la arquitectura de los procesos ETL. El uso de una BD auxiliar, como se ilustra en la figura 1 (BD “INTEGRACION”), permite depurar, homologar, transformar y, finalmente, integrar datos, de las fuentes existentes con la nueva fuente de datos. En esta fase, de la arquitectura, se realizan todas las transformaciones de datos necesarias, para que, la información, sea entregada al Datawarehouse de manera íntegra y consistente.

## **2.3 Escalabilidad en el desarrollo de aplicaciones de BI.**

Es una característica necesaria por la naturaleza del tipo de aplicación. A causa de la generación de conocimiento, la perspectiva de análisis de los usuarios, es ampliada y, son extendidos los requerimientos funcionales, generando nuevas necesidades. Una solución de BI, puede quedar obsoleta si su Datawarehouse no es un proveedor de datos central, consolidado, depurado y sobre todo escalable. Los Datamart, que proporcionan datos para BI, pueden requerir modificaciones y desarrollos nuevos, por los cambios a los que, generalmente, suceden en una organización. Por lo mencionado, es preferible modificar un Datamart o crear uno nuevo para satisfacer las necesidades de información, en lugar de modificar una BD central de un Datawarehouse, de donde se pueden extraer datos para diferentes soluciones de BI, pudiendo existir impactos colaterales.

# **3 IMPLEMENTACIÓN**

El siguiente caso práctico resume la implementación del Datawarehouse de Mesa de Servicios de la empresa Tata Consultancy Services en Ecuador, el cual, ha sido desarrollado en un proceso iterativo, aplicando la metodología MSF [4], alineando el proceso de desarrollo al diseño de arquitectura presentado.

## **3.1 Proceso de desarrollo. Primera iteración.**

Se realizaron: el análisis inicial de requerimientos, el diseño de la solución en base al modelo de arquitectura presentado en este artículo, los modelos de datos y, procesos ETL. En cuanto a la construcción, se desarrollaron los procesos de almacenamiento del Datawarehouse y, transformación de los datos del sistema de origen (ver Figura 2).

## **3.2 Proceso de desarrollo. Segunda iteración.**

Se implementaron las aplicaciones de BI para el esquema de análisis, correspondiente al requerimiento funcional RF2.1: “Administración de atención de requerimientos”. Para complementar la información requerida, se incorporó el sistema Septimus como una nueva fuente de datos; en este punto, se puso en prueba la característica de escalabilidad para la integración de nuevos orígenes de datos (ver Figura 3).

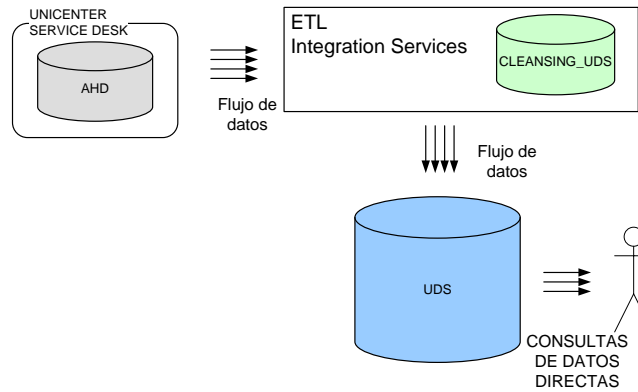


Figura No 2. Modelo conceptual de la solución en la primera iteración.

### 3.3 Proceso de desarrollo. Tercera iteración.

Se desarrollaron las aplicaciones de BI para el esquema de análisis, correspondiente al requerimiento funcional RF2.2: “Administración de nivel de servicio externo e interno”. La Figura 3 ilustra lo indicado.

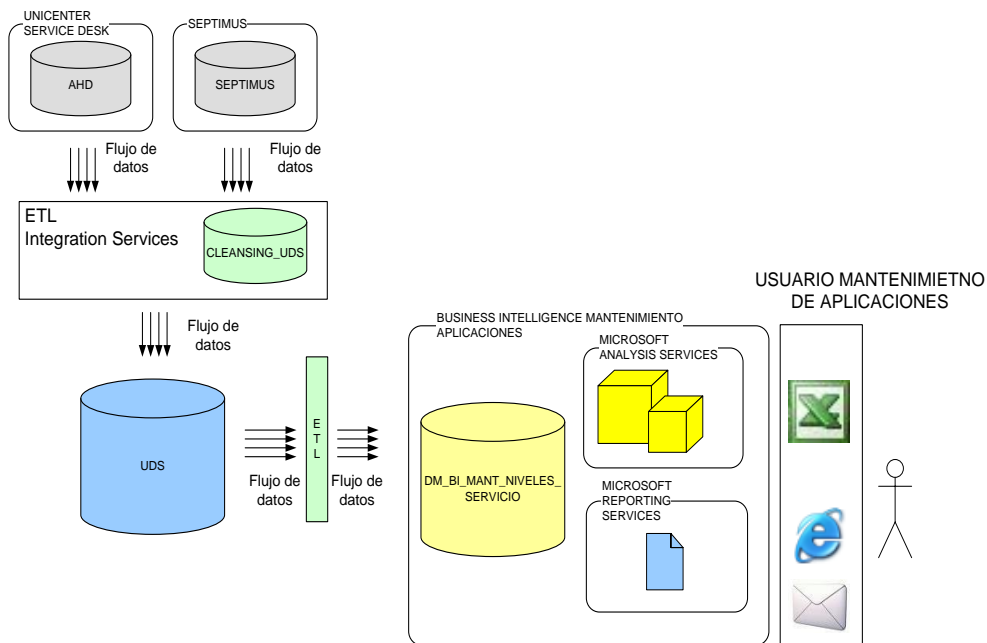


Figura No 3. Modelo conceptual de la solución en la segunda y tercera iteración.

Finalmente, el modelo conceptual de la solución, quedó conformado por los siguientes elementos:

- UNICENTER SERVICE DESK. Sistema de origen de datos.
- AHD. Nombre de la BD de Unicenter Service Desk
- SEPTMUS. Sistema y nombre de la BD de origen.
- ETL. Proceso de extracción, transformación y carga de datos.
- CLEANISING\_UDS. BD de integración utilizada para depuración de datos, transformaciones complejas y, homologación de datos entre los sistemas de origen.
- Integration Services. Plataforma de procesos ETL de SQL Server 2008.
- UDS. Nombre de la BD del Datawarehouse de Mesa de Servicios.

- DM\_BI\_MANT\_NIVELES\_SERVICIO. Datamart del área de Mantenimiento de Aplicaciones. BD para herramientas de BI.
- Usuario Mantenimiento de Aplicaciones. Usuario de las herramientas de BI.

### 3.4 Modelos de bases de datos y programación de procesos ETL.

Complementariamente al diseño de arquitectura planteado, se realizó la clasificación de los objetos de bases de datos (tablas y stored procedures) para funciones específicas, desde la perspectiva de transformación de datos. La figura No. 4, ilustra el flujo de los datos en los procesos ETL, desde el origen hasta el Datamart. Cada una de las columnas del diagrama, representa las bases de datos; sus elementos son explicados a continuación:

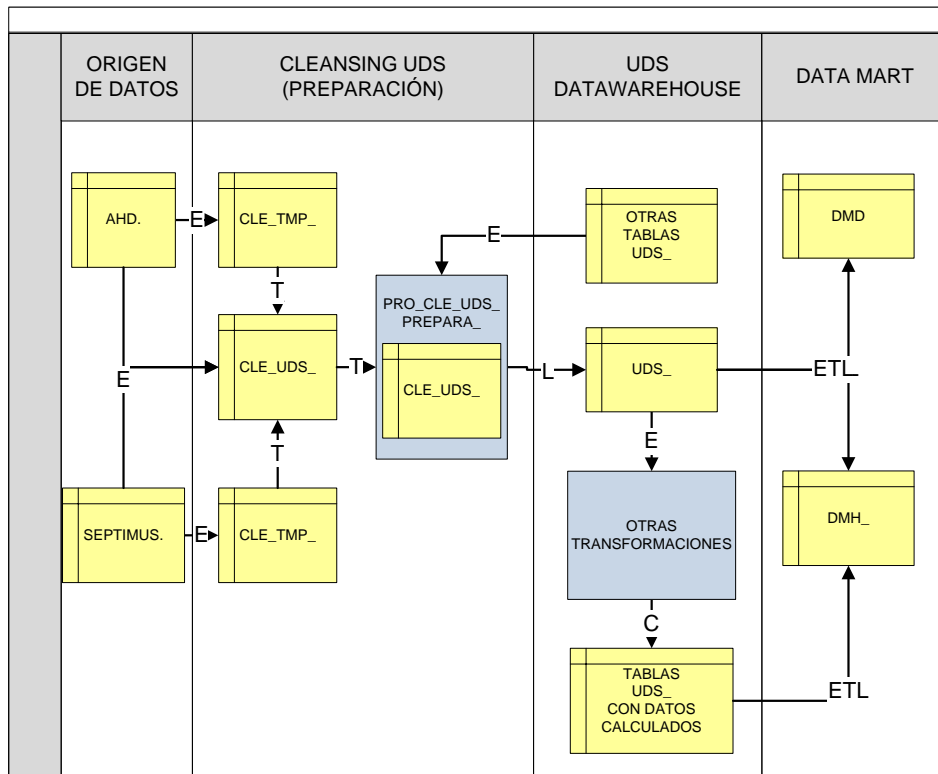


Figura No 4. Flujo de los datos en los procesos ETL.

- **AHD, SEPTIMUS.** Tablas en las bases de datos de los sistemas de origen.
- **CLE\_TMP\_\***. Tablas de la BD CLEANSING\_UDS, con prefijo CLE\_TMP\_ que corresponden a tablas, con estructura igual a la del origen. Se utilizan estas tablas para evitar la ejecución de varias consultas similares al origen de datos; a partir de estas tablas se extraen nuevamente los datos, localmente, para que entren en el proceso de preparación, transformación y formato, posibilitando así, la carga en la tabla final. No en todos los casos se utiliza una tabla de estas características, sino que, cuando la tabla de origen y la de destino tienen una correspondencia una a una y, no es necesario aplicar filtros y transformaciones complicadas, entonces los datos son cargados directamente a la tabla con el prefijo CLE\_UDS\_.
- **CLE\_UDS\_\***. Tablas de la BD CLEANSING\_UDS con prefijo CLE\_UDS\_. La estructura de estas tablas es similar a las tablas finales de los datos, es decir, a las tablas UDS\_, pero con características particulares como: omisión de condicionantes y uso de tipo de dato caracter en todos los campos (incluso numéricos y fechas). Estas características permiten

depurar, homologar y preparar los datos para el formato final. Es importante la existencia de estas tablas intermedias para facilitar la integración de los sistemas al Datawarehouse; la integración de nuevos sistemas que, contengan información relativa y complementaria a la existente en el Datawarehouse, debe ser depurada y homologada para mantener las características de integración y orientación a entidades.

- **PRO\_CLE\_UDS\_PREPARA\_\***. PROCEDIMIENTOS ALMACENADOS con el prefijo PRO\_CLE\_UDS\_PREPARA, que denota la preparación de los datos de una tabla "CLE\_UDS\_", para la tabla final en el Datawarehouse. El procedimiento puede requerir datos complementarios en la depuración y transformación de datos, por lo cual, puede consultar directamente a la BD Datawarehouse UDS.
- **UDS\_\***. Tabla del Datawarehouse de Mesa de Servicios en la BD UDS, con el prefijo UDS\_. Almacena, de manera histórica, los datos consolidados y depurados en el formato final.
- **OTRAS TRANSFORMACIONES**. A partir de los datos cargados en las tablas UDS, se realizan otras transformaciones de información, creándose tablas de datos calculados a partir de otros cargados, sin descartar el uso de éstos, sino más bien como un proceso de explotación interna de datos, para que sean consumidos de forma más sencilla, mediante la ejecución de consultas o el desarrollo de herramientas de BI.
- **DMD\_\***. Tablas de la BD DM\_BI\_MANT\_NIVELES\_SERVICIO que tienen una estructura dimensional para ser utilizada en informes automáticos y en modelos multidimensionales de datos OLAP.
- **DMH\_\***. Tablas de registros de hechos de la BD DM\_BI\_MANT\_NIVELES\_SERVICIO, que se utilizan para generación de informes automáticos y procesamiento de datos, en conjunción con los modelos multidimensionales OLAP.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 *Uso y generación de recursos de información versus ciclos de desarrollo.*

La incorporación de un sistema de origen de datos, en el segundo y tercer ciclo de desarrollo, permitió la generación de cubos de información y la automatización de informes de manera muy notable, con un resultado final de 12 informes hasta la tercera iteración indicada en este artículo. En consecuencia, se redujo la generación de informes de manera manual. En la figura No. 5, se puede apreciar la tendencia de uso y generación de recursos de información en los ciclos iterativos de desarrollo.

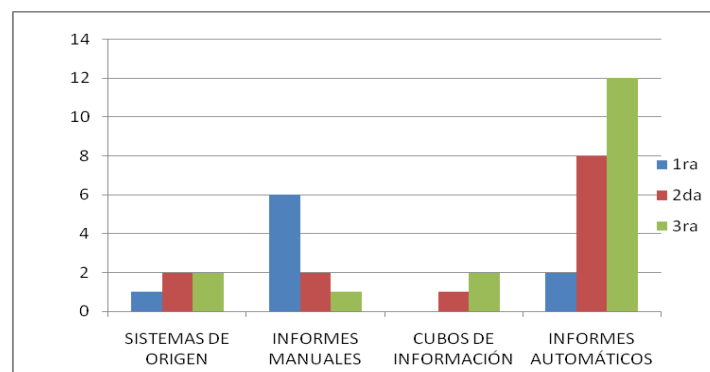


Figura No 5. Recursos de información versus ciclos de desarrollo.

#### 4.2 Crecimiento del número de objetos en las bases de datos de la solución.

Se puede apreciar la característica de escalabilidad de la arquitectura para el desarrollo de aplicaciones de BI, entre la segunda y tercera iteración de desarrollo; el número de objetos del Datamart, con una tendencia de crecimiento mayor a su similar, relacionada al número de objetos de la base de Integración. Esta tendencia refleja que, el diseño de arquitectura realizado, permitió incorporar aplicaciones de BI, mediante la adición de datos al Datamart, el cual explota datos pre-existentes en un Datawarehouse, independientemente de la integración de nuevos sistemas de origen de datos (ver figura 6).

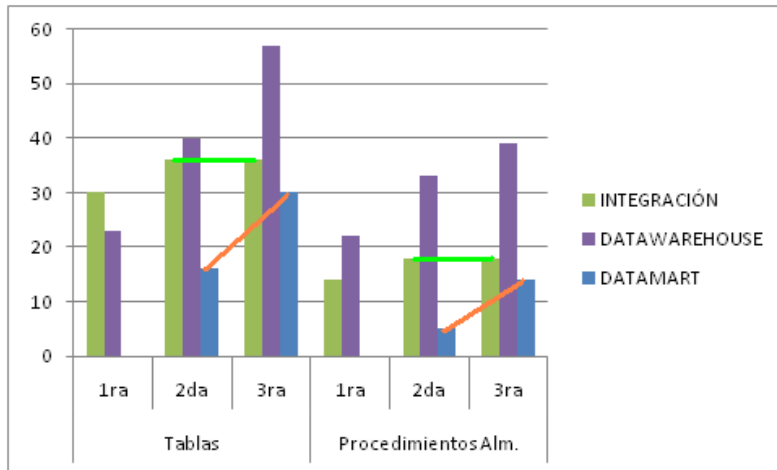


Figura No 6. “Número de objetos de bases de datos en ciclos de desarrollo”.

Los datos que generan las tendencias ilustradas en la figura 6, se encuentran en la Tabla No 1.

Tabla 1. “Número de objetos de bases de datos en ciclos de desarrollo”

Base de datos / Iteración	Tablas			Procedimientos Alm.		
	1ra	2da	3ra	1ra	2da	3ra
INTEGRACIÓN	30	36	36	14	18	18
DATAWAREHOUSE	23	40	57	22	33	39
DATAMART	0	16	30	0	5	14

## 5 TRABAJOS RELACIONADOS

De la investigación realizada se puede destacar al artículo publicado por Edgard Benitez-Guerrero et al., en [5], en donde explica el desarrollo de un Datawarehouse como un proceso evolutivo utilizando el enfoque “Whes”, que se centra en la adaptación de modelos multidimensionales de datos a las necesidades de cambio en los esquemas de análisis. En el artículo citado, se hace referencia específicamente al modelamiento utilizando el Lenguaje Multidimensional de Datos (MDL) sobre una serie de componentes basados en JavaBeans. Se considera apropiado el nivel de detalle especificado para la adaptación de modelos multidimensionales, sin embargo, no se generalizan los conceptos que se aplican, para que puedan extenderse a las diferentes plataformas de BI.

La escalabilidad, como una característica de un Datawarehouse, se menciona de manera genérica en diferentes publicaciones, haciendo referencia a los siguientes aspectos importantes y complementarios a lo presentado en este artículo: la arquitectura de procesamiento a nivel de hardware [6], el tamaño de lógico de los datos en los discos duros y el número de usuarios que acceden a las bases de datos a realizar consultas [7].

En las publicaciones, acerca de procesos de desarrollo de BI, las metodologías de desarrollo por ciclos iterativos son ampliamente aceptadas, calificando al proceso de desarrollo como incremental [1], [7] y evolutivo [2], [5]; lo cual justifica la necesidad de un diseño arquitectural escalable.

## 6 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El trabajo realizado permite concluir, en base a los resultados expuestos, que el desarrollo de un Datawarehouse con arquitectura escalable y, aplicando una metodología de desarrollo por ciclos iterativos, permite la integración de nuevos sistemas, fuentes de datos y, el desarrollo de aplicaciones de BI, de manera progresiva e independiente. Las aplicaciones de BI, sean éstas, informes automáticos y cubos de información, reducen la generación manual de información; ésta, puede ser generada, de manera automática, desde el primer ciclo de desarrollo, incrementando su alcance en los ciclos posteriores.

Como trabajo futuro, se evaluará el diseño arquitectural de la implementación del Datawarehouse de Mesa de Servicios de la empresa Tata Consultancy Services, con la integración de tres sistemas “fuente de datos”. Adicionalmente, se realizará también el análisis de rendimiento de los procesos de un Datawarehouse relacionado al crecimiento de la solución, como una temática complementaria para ampliar el diseño de arquitectura propuesto, con una orientación a la optimización de rendimiento.

## REFERENCIAS

- [1]. Barreto Stein, Karla Vanessa. (Febrero 2006), “Implementación incremental para data warehouse”. Revista electrónica GestioPolis. <http://www.gestiopolis.com/canales6/ger/data-warehouse.htm>
- [2]. Dataprix.com, “Fases de implantación de un Data Warehouse”. <http://www.dataprix.com/fases-de-implantacion-de-un-data-warehouse>
- [3]. Herrera Cristhian, “Todo lo que querías saber sobre DatawareHouse (III) – Arquitectura del Datawarehouse”. <http://www.adictosaltrabajo.com/tutoriales/tutoriales.php?pagina=datawarehouse3#2.9.2.6.6.Escalabilidad%20de%20usuarios%20en%20masa%7Coutline>
- [4]. López Requena, Martín Luis, “Microsoft Certified Trainer”. (Málaga, Ago 2006). Microsoft Solutions Framework. <http://www.malagadnug.org/ficheros/MSFMartinLuisReq.pdf>
- [5]. Benitez-Guerrero Edgar, Collet Christine, Adiba Michel, “El enfoque Whes en la evolución de los depósitos de datos”. ISSN 1665-5745. México. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=73000211>
- [6]. Dataprix.com, “Componentes a tener en cuenta a la hora de construir un DataWarehouse”. <http://www.dataprix.com/componentes-tener-en-cuenta-la-hora-de-construir-un-data-warehouse>
- [7]. Herrera Cristhian, “Todo lo que querías saber sobre DatawareHouse (III) – Repositorio del Datawarehouse”. <http://www.adictosaltrabajo.com/tutoriales/tutoriales.php?pagina=datawarehouse3#2.9.2.6.6.Escalabilidad%20de%20usuarios%20en%20masa%7Coutline>
- [8]. Rainardi Vincent. (2008), “Building a Data Warehouse: With Examples in SQL Server. Apress”.
- [9]. Silvers Fon. (2008), “Building and Maintaining a Data Warehouse”. Taylor & Francis Group.