

# *Implementación de una Solución Informática para la Gestión de Proyectos de Investigación*

## *Implementation of a Computer Solution for the Management of Research Projects*

**Mauro Callejas Cuervo**

*Estudiante de Doctorado en Ciencia y Tecnología Informática, U. Carlos III de Madrid  
Magister en Ciencias de la Computación  
Especialista en Ingeniería del Software  
Ingeniero de Sistemas  
Docente Investigador Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia  
Integrante y Director del Grupo de Investigación en Software GIS  
mauro.callejas@uptc.edu.co*

**José Miguel Venegas Mendoza**

*Ingeniero de Sistemas y Computación  
Integrante del Grupo de Investigación en Software  
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia  
el.nasl@gmail.com*

**Andrea Catherine Alarcón Aldana**

*Magister en Software Libre  
Especialista en Ingeniería del Software  
Ingeniero de Sistemas y Computación  
Docente investigador Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia  
Integrante del Grupo de Investigación en Software GIS  
andrea.alarconaldana@uptc.edu.co*

Recibido Julio 27 2011 – Aceptado Noviembre 30 de 2011

## **RESUMEN**

*En este artículo se describe la investigación orientada al desarrollo de una solución informática que permita administrar la información referente a proyectos de investigación en el Centro Regional de Gestión para la Productividad y la Innovación de Boyacá CREPIB, iniciando por el planteamiento del marco teórico pertinente a la gestión de proyectos y abordando posteriormente la descripción de la metodología de desarrollo de software utilizada para implementar el sistema.*

**Palabras clave:** software, gestión de proyectos, sistema de información.

## ABSTRACT

*In this article the author describes the investigation addressed to the development of an IT solution which permits the management of information related to research projects in the Regional Center of Management for the Productivity and Boyacá's Innovation CREPIB, starting by the exposition of the theoretical pertinent frame for the management of projects and then examining in detail, the software development methodology used to implement the system.*

**Key words:** software, project management, information system.

## 1. INTRODUCCIÓN

Hoy por hoy las organizaciones requieren adaptarse a un entorno, que generalmente se torna competitivo y cambiante; dicha adaptación obliga a que estas también evolucionen y se adapten a las diversas situaciones del mercado, haciendo uso de múltiples herramientas e instrumentos, entre las que sobresale el desarrollo y gestión de proyectos, ya que realizar un proyecto significa cambiar, y quien lo gestiona adecuadamente tiene más posibilidades de éxito (Jaque, 2007).

En primer lugar se presenta la base teórica de la gestión de proyectos, se describe el ciclo de vida de un proyecto genérico y el ciclo de vida de un proyecto de desarrollo tecnológico y se mencionan dos herramientas necesarias para llevar a cabo este proceso.

En segunda instancia se describen las principales actividades llevadas a cabo en el proceso de desarrollo del sistema de información para la gestión de proyectos en el Centro Regional de Gestión para la Productividad y la Innovación de Boyacá CREPIB, proceso que fue abordado en cinco etapas a saber: obtención y elicitación de requisitos, análisis y diseño, implementación, pruebas e implantación.

Finalmente el documento plasma las conclusiones que reflejan el aporte del desarrollo del proyecto y el beneficio generado para la ejecución de las actuales actividades del CREPIB.

## 2. GENERALIDADES EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

Antes de describir el proceso de desarrollo de la aplicación, se presenta a continuación algunos referentes teóricos que dan soporte a la temática abordada, entre los que se puede mencionar el concepto de gestión de proyectos, describiendo entre otros aspectos, el ciclo de vida de un proyecto y algunas de las herramientas utilizadas para la gestión de proyectos.

**2.1. Concepto de gestión de proyectos:** la actividad de muchas empresas hoy en día está orientada a la gestión de proyectos comprometerse con el éxito en el mercado, obligando de cierta manera que se apliquen técnicas de gestión en la mayoría de áreas de la empresa. Puesto que en cada una de ellas se tratan acciones limitadas en el tiempo, organización de recursos, planificación, gestión de personal, entre otras tareas propias de dicha gestión. Es así como esta se define como el conjunto de principios, métodos y técnicas que las personas usan para planificar y controlar efectivamente el trabajo de un proyecto (Lewis, 2006), estableciendo una base para planificar, programar, presupuestar, decidir, controlar y re-planificar efectivamente. A continuación se presentan de manera concreta algunos aspectos relevantes a la gestión de proyectos.

**2.1.1. Ciclo de vida de un proyecto:** según Heerkens (2001), el ciclo de vida de un proyecto se divide en cuatro fases a saber:

- *Fase de Inicio:* Heerkens en su libro, comenta que durante esta fase se identifica la necesidad, y se determina y describe una respuesta adecuada a la misma.
- *Fase de Planificación:* en esta etapa, la solución del proyecto se detalla tanto como sea posible, para ello se hace necesario identificar los productos entregables intermedios, así como las estrategias para producirlos.
- *Fase de Ejecución:* en ella se realiza el trabajo planeado bajo la vigilancia cuidadosa del gerente del proyecto.
- *Fase de Cierre:* allí, se verifica de manera contundente si el proyecto soluciona la necesidad original.

**2.1.2. Ciclo de vida de un proyecto de desarrollo tecnológico:** el ciclo de vida mencionado en la sección anterior, se refiere a aquel que puede ser aplicado a gran variedad de proyectos de diferente índole. Sin embargo, el CREPIB adelanta proyectos de desarrollo tecnológico e innovación, por esta razón, se revisó la experiencia empírica del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el cual determinó doce grupos de actividades, clasificadas en 3 etapas, para la gestión de los proyectos, dichas etapas se describen a continuación.

- *Gestación del proyecto:* Vega González (Vega, 2006) señala que los proyectos patrocinados requieren un grupo de actividades que no siempre se dan en forma secuencial, algunas veces se dan en forma caótica.
- *Concertación y Administración:* la segunda etapa de la Gestión Tecnológica de Proyectos la conforman las actividades centrales de las cuales depende el desarrollo exitoso del proyecto: la estrategia y planeación de los instrumentos legales y administrativos más adecuados que deberán usarse según el caso, así como para los procedimientos de control y administración tecnológica de proyectos (Vega, 2006).
- *Cierre, Protección, Vigilancia y Evaluación:* Vega González (Vega, 2006) menciona que se deben cumplir todos y cada uno de los entregables, cerrar el proyecto y obtener las cartas de terminación y satisfacción del cliente, así como llevar a cabo los pagos respectivos.

**2.2. Herramientas para la gestión de proyectos:** como en la mayoría de procesos, en la gestión de proyectos, existen herramientas que facilitan y/o agilizan la labor, dos herramientas apropiadas para llevar a cabo esta tarea se citan a continuación:

- **Work Breakdown Structure.** El WBS (Estructura de descomposición del trabajo) es un árbol de actividades, que permite subdividir las tareas complicadas en tareas más pequeñas hasta alcanzar un nivel en el que las tareas no se puedan seguir subdividiendo (Lewis, 2006).

Según Heerkens (Heerkens, 2001), es imprescindible utilizar el WBS para identificar las actividades específicas que aparecerán en el cronograma.

Cada actividad debe detallarse a un nivel suficiente para que los principales participantes del proyecto entiendan todas las actividades y tareas que deben realizarse.

- Método de Diagrama de Precedencias: es un diagrama de red que incluye todas las actividades del proyecto. Para organizar las actividades es necesario mostrar cualquier interdependencia preguntándose dos cosas (Heerkens, 2001):
  - ¿Qué tareas deben completarse antes de que otras comiencen?
  - ¿Qué tareas pueden hacerse al mismo tiempo?

En esencia, estas herramientas permiten conectar y dar continuidad a las etapas y actividades en la gestión de proyectos, para de esta manera propender por la optimización del trabajo de las personas responsables del desarrollo del proyecto.

### 3. DESARROLLO DEL SISTEMA INFORMÁTICO

La investigación buscó reconocer los procesos relacionados con la gestión de proyectos en el CREPIB y al mismo tiempo evaluar dos metodologías de gestión de proyectos, para, de ellas, elegir una e implementarla mediante una solución informática

Para la implementación del sistema se decidió utilizar como método de desarrollo de software el Ciclo de Vida Clásico (Sommerville, 2005), adecuando algunas de sus etapas a la medida de las características del entorno. Es importante anotar que el sistema informático se llevó a cabo en cinco momentos así: elicitación de requisitos, análisis y diseño, implementación, pruebas e implantación, las cuales se describen a continuación.

**3.1. Fase de Obtención y Elicitación de Requisitos:** como base para el desarrollo de la aplicación se contó con acceso a la información del proyecto que estaba en ejecución en ese momento, denominado “Plan de Fortalecimiento CREPIB 2010”. Dentro de la información facilitada se encontraron los detalles de las actividades y entregables con información sobre responsables, recursos y tiempos de entrega.

En el estudio participaron los coinvestigadores, semilleros de investigación

y auxiliar administrativo del equipo de trabajo del CREPIB, al igual que su directora ejecutiva, quienes coadyuvaron en la construcción del documento de obtención de requisitos del sistema, el cual define 5 macro procesos necesarios para la gestión de proyectos de investigación del Centro:

- Identificación de la idea de proyecto: este macroproceso establece ideas que solucionen problemas o suplan necesidades en alguno de los sectores productivos regionales; como resultado se concreta la idea de proyecto y el sector beneficiario.
- Gestión del proyecto: se selecciona el talento humano, los beneficiarios y las fuentes de financiación que serán necesarias para la realización del proyecto; como resultado se logra el compromiso de las partes interesadas en su formulación.
- Formulación del proyecto: se diligencia el formato de la convocatoria seleccionada en el proceso de gestión de proyectos, teniendo en cuenta los términos de referencia; como resultado se presenta o envía el proyecto a la entidad que publica la convocatoria, de acuerdo a los términos de referencia.
- Ejecución del proyecto: se monitorea y controla el progreso del proyecto para dar cumplimiento a la propuesta aprobada de acuerdo al proceso de formulación; como resultado se terminan las actividades programadas en el cronograma aprobado.
- Evaluación del proyecto: se da respuesta a la evaluación emitida por la entidad cofinanciadora y como resultado se procede a liquidarlo.

El sistema solo aborda el macroproceso denominado Ejecución del Proyecto, debido a que, como se pudo identificar, la gestión de proyectos dentro del CREPIB involucra numerosos procedimientos que no podían ser abordados por completo en la versión inicial del software.

Para esta fase (obtención de requisitos) se diseñaron encuestas, entrevistas y sesiones de lluvias de ideas para obtener la información del funcionamiento del macro proceso de ejecución de proyectos, y con base en esta, se construyó el documento que definió los procedimientos que actualmente son necesarios para realizar la ejecución de un proyecto de investigación en el Centro.

Después de la obtención de requisitos (Durán & Bernárdez, 2002), se crearon y detallaron los casos de uso de negocio (Podeswa, 2009) plasmados en la figura 1, documentando el proceso interno de cada uno de estos a través de la representación de su flujo de actividades (Rumbaugh et al., 2007), como se muestra en la figura 2. Durante la construcción de estos diagramas, se detectaron y modelaron varias actividades adicionales a los procedimientos identificados inicialmente.

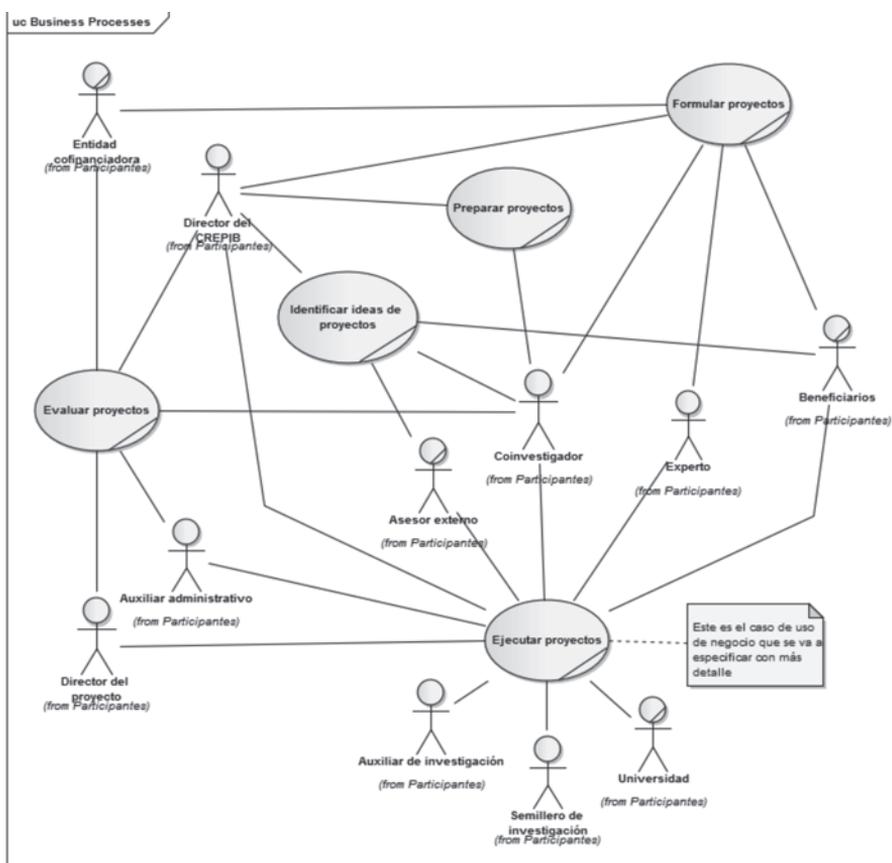


Figura 1: Casos de uso del negocio  
Fuente: autores

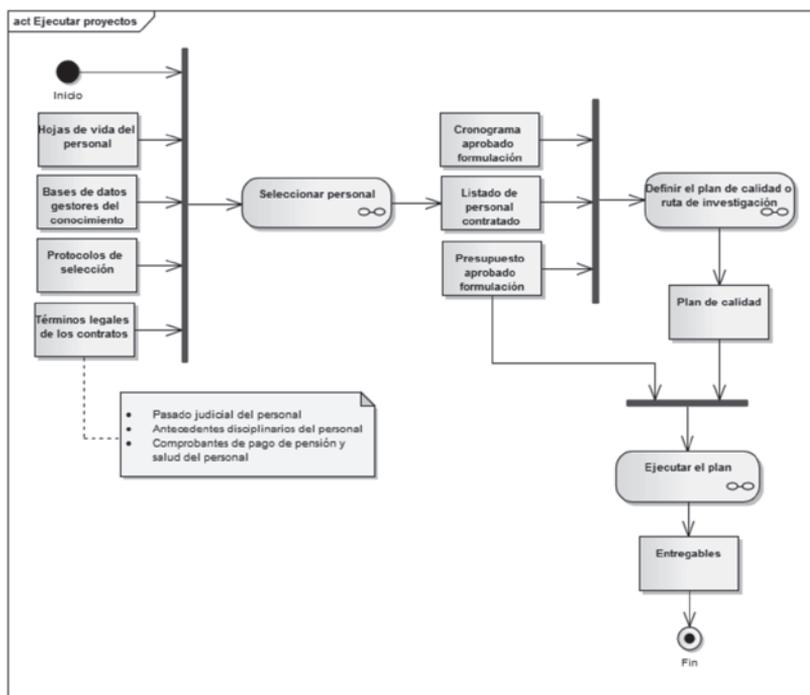


Figura 2: Detalle del caso de uso de negocio “Ejecutar proyectos”

Fuente: autores.

Se construyó el documento de especificación de requisitos, el cual contiene la descripción de los objetivos del sistema, de los requisitos de información, de las restricciones de información y de los requisitos funcionales, de igual manera, se diseñaron los prototipos de interfaz de usuario que ayudaron a definir los requisitos funcionales del sistema. Finalmente se construyó el modelo del dominio, cuyo objetivo es mostrar las relaciones de agregación y generalización entre los objetos principales del sistema; se construyeron los modelos de casos de uso que acompañan la especificación de requisitos mencionados.

**3.2. Fase de Análisis y Diseño:** inicialmente, se realizaron diagramas de robustez (Rosenberg y Stephens, 2008) que representan la interacción existente entre las clases de entorno, las clases controladoras y las clases entidad. Este diagrama permite ver con claridad la funcionalidad que deben tener las clases dentro del sistema (ver figura 3). Adicionalmente, se modeló el diagrama de paquetes (UPEDU, 2008), el cual muestra la organización de los objetos del sistema en cuatro capas: la capa de negocio, de acceso a datos, de servicio, de control y presentación.

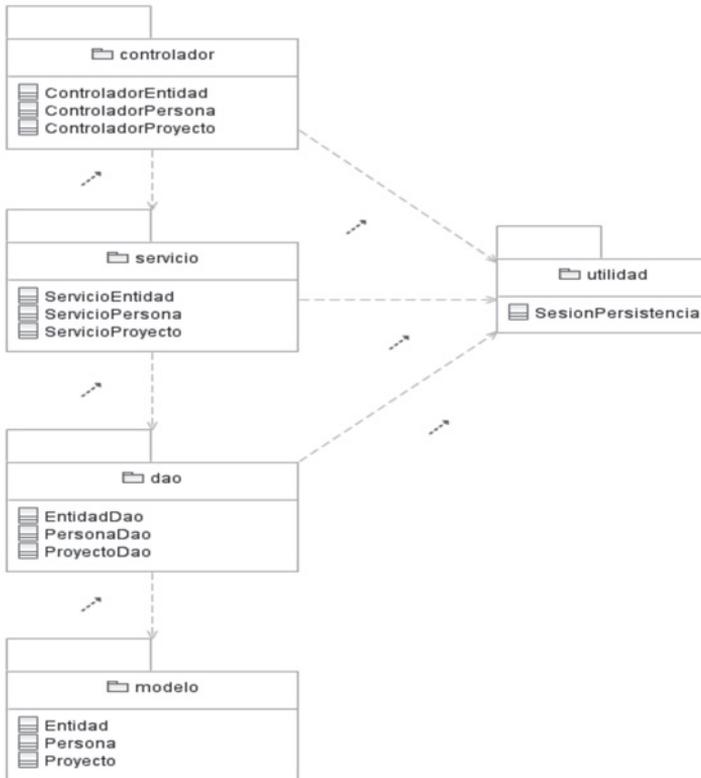


Figura 3: Diagrama de paquetes  
Fuente: autores

Adicional a los modelos mencionados, se planteó el diagrama de despliegue (Kimmel, 2005) y el de datos (Oppel, 2004), cabe mencionar que una de las características que debía cumplir el sistema es el hecho de ser una aplicación web, de esta forma, el personal puede utilizarla desde cualquier computador con acceso a internet, en caso de que no fuese posible ingresar a las oficinas ubicadas al interior de la universidad.

Finalmente, se seleccionaron las herramientas y el lenguaje de programación para la implementación del sistema; estas herramientas comprenden:

- *Spring*: framework basado en *Java*, diseñado para implementar aplicaciones web.
- *Hibernate*: framework de persistencia orientado a objetos basado en *Java*, útil para facilitar el acceso a la base de datos. Soporta el motor de base de datos PostgreSQL instalado en el servidor del CREPIB.

- *JUnit*: framework de pruebas basado en *Java*, necesario para construir las pruebas unitarias del sistema.
- *PostgreSQL*: motor de base de datos utilizado actualmente por el CREPIB en su servidor, para soportar la página web y una aplicación de indicadores de productividad.
- *Apache Tomcat*: contenedor de *servlets* gratuito basado en *Java*, utilizado actualmente por el CREPIB para soportar la página web y una aplicación de indicadores de productividad.

**3.3. Fase de Implementación:** el primer paso de esta fase fue codificar el sistema teniendo en cuenta el análisis realizado en la fase anterior; el proceso de codificación del sistema se resume en la selección de una clase para ser implementada, codificación de la clase, y ejecución de las pruebas unitarias para garantizar el funcionamiento de la misma.

Se utilizó un entorno integrado de desarrollo o IDE para *Java*, llamado *Eclipse*, adicionalmente, se configuró el *framework Spring*, un sistema de control de versiones llamado *Mercurial*, la conexión con un servidor de pruebas local *Apache Tomcat* y la conexión con una base de datos de pruebas sobre *PostgreSQL* denominado *PostgreSQL JDBC*.

Para la codificación de las pantallas del sistema se utilizó *HTML 4*, *JavaScript* y *Java Server Pages (JSP)*, además, se diseñó un sistema de plantillado que utiliza la librería *Apache Tiles*.

Se usó la tecnología de anotaciones de *Java* en el sistema, para la codificación de las clases de control y las clases del negocio, lo cual fue posible porque *Spring e Hibernate* permiten configurar cada clase de esta forma. Las anotaciones también permitieron construir el sistema usando clases tipo *Plain Old Java Object (POJO)*, lo que significa que las clases del sistema no dependen directamente de las clases de los *frameworks* utilizados.

**3.4. Fase de Pruebas:** cuando el sistema fue codificado por completo y todas las pruebas unitarias pasaron exitosamente, el sistema fue puesto a prueba por los miembros del equipo de trabajo del CREPIB para detectar inconsistencias adicionales.

Al ser detectado algún inconveniente durante la prueba del sistema, se procedía a corregir el código fuente responsable de la funcionalidad defectuosa, y para asegurar el correcto desempeño se repetía las pruebas unitarias hasta obtener resultados exitosos.

Para el desarrollo de la prueba funcional, se utilizaron los datos de un proyecto llamado “Evaluación de Impacto Cámara de Comercio de Tunja”, el cual estaba listo para ser ejecutado, como se observa en la figura 4.

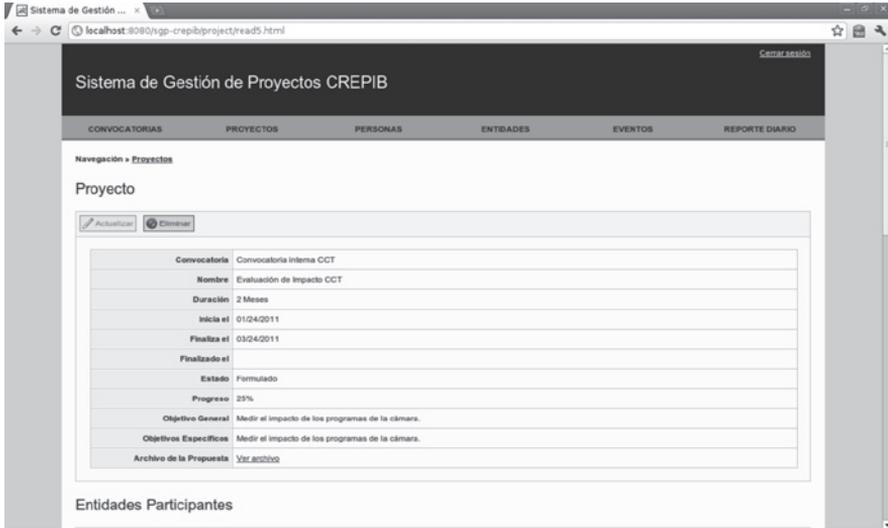


Figura 4: Pruebas funcionales al módulo “Proyectos”  
Fuente: autores

Se recibieron recomendaciones respecto a la usabilidad del software, por consiguiente, se corrigieron aspectos como ubicación de los enlaces, colores y distribución de los elementos, en cada una de las páginas, de esta forma, se mejoró la experiencia del usuario.

También se corrigieron defectos que no se detectaron al momento de implementar el sistema, los más comunes tenían que ver con la forma en la que se presentaba la información en la pantalla. Se corrigieron errores de ortografía, se modificaron los criterios de ordenamiento de la información presentada en listas y se corrigieron también problemas de localización en los campos que se encargan de almacenar o mostrar fechas.

**3.5. Fase de Implantación:** finalmente el sistema de información se instaló

en el servidor, para lo cual fue necesario crear la base de datos y llevar a cabo la configuración mediante un nombre, un usuario y una contraseña; las tablas de la base de datos se crearon mediante la importación del script SQL.

El servidor es administrado por una empresa contratada por el CREPIB, llamada *Enterdev*, en conjunto con ellos, se hizo la instalación de los archivos fuente, y posteriormente se realizaron pruebas de funcionamiento, para asegurar que el sistema se ejecutara correctamente con la configuración que tiene el servidor.

La instalación del sistema en el servidor se realizó sin mayores inconvenientes, el único aspecto a resaltar estuvo relacionado con conflictos entre las librerías que se estaban usando en el sistema y aquellas que ya estaban instaladas en el servidor, sin embargo, este problema fue solucionado exitosamente.

## **4. CONCLUSIONES**

La investigación y la fase de elicitación de requisitos tomó 6 meses para completarse, los esfuerzos realizados hicieron posible comprender la lógica del negocio del CREPIB con claridad, facilitando así la implementación del sistema.

El plan de calidad se seleccionó como base para adecuar la metodología para la ejecución de proyectos debido a que permitía realizar seguimiento a la ejecución de un proyecto de forma sistemática, además porque ya había sido utilizado exitosamente en otros centros de desarrollo tecnológico del país, concretamente en el Centro de Productividad del Oriente de Bucaramanga, y porque la dirección y los coinvestigadores del CREPIB contaban con experiencia en el manejo del plan.

La estructura de descomposición del Trabajo o WBS es una herramienta efectiva en la planeación de un proyecto de cualquier tipo, la cual permite organizar las actividades siguiendo el camino desde lo general a lo particular. En el sistema informático que se implementó, el WBS está presente en el módulo de componentes, actividades y entregables, donde los componentes son las unidades de trabajo más generales y los entregables son más específicos y concretos.

La selección del lenguaje de programación, las herramientas y las librerías que finalmente se utilizaron, se basó completamente en el análisis de la arquitectura realizado, el cual puso en evidencia las tecnologías de información con las que contaba el CREPIB, lo anterior aseguró que el sistema de información desarrollado pudiera ser utilizado efectivamente en el centro.

El sistema de información para la gestión de proyectos ha facilitado la labor del CREPIB de dos maneras: en primer lugar, hizo posible almacenar la información de los proyectos ejecutados de forma que permite a los integrantes del centro consultarla en cualquier momento y con facilidad. En segundo lugar, hizo posible sistematizar el seguimiento a la ejecución de actividades permitiendo que cada persona pueda reportar las actividades realizadas en el sistema.

## BIBLIOGRAFÍA

- Durán, A., & Bernárdez, B. (2002). ***Metodología para la Elicitación de Requisitos de Sistemas Software***: Universidad de Sevilla.
- Heerkens, G. (2001). ***Project Management***. McGraw-Hill Trade.
- Kimmel, P. (2005). ***UML Demystified***: McGraw-Hill Osborne.
- Lewis, J. P. (2006). ***Fundamentals of Project Management***: AMACOM Books.
- Opperl, A. (2004). ***Databases Demystified***: The McGraw-Hill Companies.
- Podeswa, H. (2009). ***UML for the IT Business Analyst: A Practical Guide to Requirements Gathering Using the Unified Modeling Language***: Course Technology PTR.
- Rosenberg, D. & Stephens, M. (2007). ***Use Case Driven Object Modeling with UML***: Apress.
- Rumbaugh, J., Jacobson, I. & Booch, G. (2007). ***El Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de Referencia***: Pearson Educación.

- Sommerville, I. (2005). **Ingeniería del Software**, Séptima edición. Pearson Educación s.a. Madrid.
- Vega, L. (2006). **“Modelo del Ciclo de Vida de un Proyecto de Gestión Tecnológica y Vinculación en un Centro de I&D Universitario”** in I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I.

## WEBGRAFÍA

- Jaque, **M. Gestión de Proyectos**. Vigo. Recuperado el 09 de Febrero de 2011, de [http://cursos.puc.cl/pps1-1/almacen/1284137378\\_glarraill\\_sec4\\_pos0.pdf](http://cursos.puc.cl/pps1-1/almacen/1284137378_glarraill_sec4_pos0.pdf) (2007).
- UPEDU **“Unified Process for EDUcation, UPEDU”**. Recuperado el 06 de Febrero de 2011, de <http://www.upedu.org/> (2008).