

Artículo Científico

<https://doi.org/10.52428/20758944.v12i36.681>

PROPUESTA DE UNA PLATAFORMA INFORMÁTICA PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

CASO DE ESTUDIO: EMPRESA CONSTRUCTORA "SERCO S.R.L"

COMPUTING PLATFORM PROPOSAL FOR ROADS BUILDING MANAGEMENT PROJECTS

CASE STUDY: BUILDING COMPANY "SERCO S.R.L."

Rodrigo Iván Lea Plaza Chávez (1)
Hugo Gutiérrez Espada (2)

RESUMEN

Actualmente algunas empresas de obras civiles de construcción de carreteras, realizan su gestión de proyectos mediante la aplicación de procesos de planificación, ejecución, control y seguimiento, de forma manual, implicando demora en sus tareas y un control deficiente de sus actividades; entre estas empresas se encuentra SERCO S.R.L, base de este estudio.

Ante este problema se elaboró el presente proyecto, que describe el análisis, diseño y desarrollo de una plataforma informática para la gestión de proyectos de construcción de carreteras, dirigido a empresas dedicadas a este rubro.

La plataforma informática cuenta con los siguientes módulos: de planificación; equipamiento; control de personal y asignación a las actividades; de suministro de materiales y equipamiento; almacenes y control de envíos y entregas; de informe de avances; así como la obtención de informes que indiquen el detalle de cada avance de obras, de control y seguimiento.

Palabras clave: Gestión de proyectos. Plataforma informática de proyectos. Proyectos de construcción. Carreteras.

ABSTRACT

Currently some companies of civil construction of roads carry out their project management through the implementation of planning, execution, control and

monitoring manually, implying delay in their tasks and poor control of their activities; among these companies is SERCO S.R.L, base of this study.

Facing this problem this project was proposed, which describes the analysis, design and development of a software platform for managing road construction projects, aimed to companies dedicated to this working.

The computer platform has the following modules: planning; equipment; personnel control and allocation activities; supply of materials and equipment; warehouses and shipping and delivery control; progress report; and obtaining reports showing details of each advance of works, control and monitoring.

Keywords: Project management. Computing platform project. Construction Projects. Roads.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto está orientado a las empresas encargadas de realizar obra de ingeniería civil y, en este caso específico, dirigido a empresas que realizan obras en construcción de carreteras.

Las empresas que realizan la construcción y mantenimiento de obras de carreteras, en general necesitan gestionar todos los recursos que están involucrados en este tipo de proyectos como mano de obra, materiales y equipamiento y de forma más específica, requieren controlar el avance así como el

Páginas 30 a 43

Fecha de Recepción: 12/11/15

Fecha de Aprobación: 10/05/16

- 1) Ingeniero de Sistemas Informáticos. Univalle La Paz. rieaplazachavez@hotmail.com
- 2) Ingeniero de Sistemas, Docente Universitario. Univalle La Paz. hguierrezze@hotmail.com

cumplimiento de las actividades según estas fueron programadas a la firma de un contrato del rubro indicado.

El presente proyecto tomará como caso de estudio a la Empresa de Servicios y Construcciones SERCO S.R.L.; que brinda este tipo de servicios y cuyo rubro de actividades principal es la programación, ejecución, control y seguimiento de proyectos de obras civiles, mantenimiento de carreteras, compra de maquinaria, compra de materiales de obra civil, recojo de escombros, movimiento de tierras, construcciones en general e importaciones.

La empresa SERCO S.R.L. en forma cotidiana participa de convocatorias que son realizadas por el gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia, a través del SICOES (Sistema de Contrataciones Estatales) o por contratos particulares para la realización y ejecución de proyectos de obras civiles de carreteras.

Los proyectos de construcción de obras civiles de carreteras deben ser gestionados adecuadamente, puesto que cada uno de estos responden a una fijación de tiempos límites de entrega, porque normalmente se cuentan con presupuestos económicos muy limitados, motivo por el cual la gestión eficaz de estos proyectos es de suma importancia, para obtener ganancias y mantener un prestigio que hasta ahora la empresa la tiene bien ganada en el mercado.

La gestión de este tipo de proyectos involucra como en cualquier proyecto genérico administrar tres variables fundamentales: el tiempo, el dinero y los recursos (humanos, materiales y equipamiento).

Para que la gestión de las variables identificadas sea adecuada en los procesos de la empresa SERCO S.R.L., se han identificado las siguientes, mismas que se pueden sistematizar utilizando tecnologías de información:

- Planificación de Proyectos.
- Informes de avance del proyecto, desviaciones y seguimiento de las actividades, el uso de los recursos humanos, materiales, equipamiento y el uso racional de los recursos económicos.
- Control y seguimiento al cumplimiento de las actividades de los proyectos.
- Gestión de recursos materiales, equipamiento y humanos.

La implementación de un Sistema Informático de Gestión de Proyectos de obras civiles de carreteras permitirá a la empresa SERCO S.R.L., realizar una gestión adecuada de los recursos, el tiempo y el dinero en cada uno de los proyectos que lleguen a encarar.

MÉTODOLÓGIA RUP

El Proceso Unificado Racional (Rational Unified Process, habitualmente resumido como RUP) es un proceso de desarrollo de software, desarrollado por la empresa Rational Software, actualmente propiedad de IBM. Junto con el Lenguaje Unificado de Modelado UML, constituye la metodología estándar más utilizada para el análisis, diseño, implementación y documentación de sistemas orientados a objetos (1). RUP no es un sistema con pasos firmemente establecidos, sino un conjunto de metodologías adaptables al contexto y necesidades de cada organización.

Principios de desarrollo

RUP está basado en principios clave que son los siguientes:

- Adaptar el proceso.
- Equilibrar prioridades.
- Demostrar valor iterativamente.
- Colaboración entre equipos.
- Elevar el nivel de abstracción.
- Enfocarse en la calidad.

LENGUAJE UNIFICADO DE MODELADO "UML"

UML es un lenguaje para especificar, construir, visualizar y documentar los artefactos de un sistema de software orientado a objetos (OO). Un artefacto es una información utilizada o producida mediante un proceso de desarrollo de software. UML se quiere convertir en un lenguaje estándar, con el que sea posible modelar todos los componentes del proceso de desarrollo de aplicaciones (2).

Modelado de objetos

En la especificación del UML podemos comprobar que una de las partes que lo componen es un metamodelo formal. Un metamodelo es un modelo que define el lenguaje para expresar otros modelos (3).

Artefactos para el Desarrollo de Proyectos

Un artefacto es una información que es utilizada o producida mediante un proceso de desarrollo de software. Se necesita más de un punto de vista para llegar a representar un sistema. UML utiliza los diagramas gráficos para obtener estos distintos puntos de vista de un sistema (3):

- Diagramas de Implementación.
- Diagramas de Comportamiento o Interacción.
- Diagramas de Casos de uso.
- Diagramas de Clases.

LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN “PHP”

PHP es un lenguaje de programación de uso general de código del lado del servidor, originalmente diseñado para el desarrollo web de contenido dinámico. PHP (acrónimo de “Hypertext Preprocessor”) es un lenguaje “open source” interpretado de alto nivel embebido en páginas HTML y ejecutado en el servidor (4).

GESTOR DE BASE DE DATOS “MYSQL”

MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacional, multihilo y multiusuario con más de seis millones de instalaciones.

Por un lado, se ofrece bajo la licencia GNU GPL para cualquier uso compatible con esta, pero para aquellas empresas que quieran incorporarlo en productos privativos deben comprar a la empresa una licencia específica que les permita este uso. Está desarrollado en su mayor parte en ANSI C (4).

SERVIDOR WEB “APACHE”

Significado (Acrónimo de “a patchy server”). Servidor web de distribución libre y de código abierto, siendo el más popular del mundo desde abril de 1996, con una penetración actual del 50% del total de servidores web del mundo (agosto de 2007).

GESTIÓN DE PROYECTOS

Según Gary R. Heerkens, el Project Management Institute define la gestión de proyectos como “la aplicación de conocimientos, técnicas y herramientas a las actividades de un proyecto para cumplir con los requisitos del mismo.

EL CICLO DE VIDA DEL PROYECTO

Todos los proyectos tienen fases identificables y cada fase consta de un conjunto exclusivo de desafíos para su director. Si se considera el proceso del proyecto desde el nivel más elevado, se pueden distinguir cuatro fases fundamentales (5):

- **Iniciación:** En la que se identifica la necesidad, se determina y describe una respuesta apropiada a ésta, momento en que realmente inicia el proyecto; se identifican las principales entregas y los grupos de trabajo.
- **Planificación:** Se continúa desarrollando el proyecto con el máximo detalle posible y se identifican los productos de trabajo intermedio, así como la estrate-

gia para producirlos. La formulación de esta estrategia se inicia con la definición de los elementos de trabajo requeridos (tareas) y la secuencia óptima de su ejecución (programas).

- **Ejecución:** Se efectúan los trabajos programados bajo la estrecha supervisión del Director de proyectos. Los progresos se supervisan continuamente, se realizan los ajustes apropiados y se registran como variaciones del plan original.

- **Cierre:** Se hace un énfasis especial en la verificación que el proyecto haya satisfecha o satisfará la necesidad original.

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Dentro de la ingeniería del proyecto, ésta fue realizada en base al flujo de trabajo de la Metodología RUP, para este caso se realizaron las siguientes actividades (6):

- Modelamiento del negocio.
- Requerimientos funcionales.
- Diseño del sistema.
- Diseño de la base de datos.
- Desarrollo del sistema.
- Pruebas y control de calidad.

Modelamiento del negocio

Para conocer los procesos de la gestión de proyectos de construcción de carreteras, se hizo el relevamiento de información entrevistando a los responsables de las diferentes unidades organizacionales de la empresa SERCO S.R.L. y también al estudio de la documentación que se utiliza en estos.

**Tabla Nº 1. Modelamiento del Negocio Empresa SERCO
REQUERIMIENTOS FUNCIONALES Y NO FUNCIONALES DEL SISTEMA**

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	
N	PROCESOS
PLANIFICACIÓN	
1	Diseñar una opción para registro de proyectos.
2	Diseñar opciones para el control de fases, subfases de cada proyecto.
3	Diseñar una opción para el control de actividades del proyecto.
4	Diseñar una opción de designación de personal técnico clave para la supervisión de los proyectos.
5	Diseñar opciones para el requerimiento de materiales y equipamiento para los proyectos.
6	Diseñar una opción para la solicitud de mano de obra para los proyectos.
7	Diseñar una opción para el control de horarios de trabajo para trabajadores del proyecto.
8	Diseñar una opción para el control de asignación de materiales, equipamiento y personal planificados a las actividades del proyecto.
INFORMES DE AVANCE	
1	Diseñar una opción de control de avance de actividades en base a: - Llenado de avances por trabajador.
2	Llenado de informe de consumo de materiales.
3	Llenado de informe de uso de maquinaria y equipos.
4	Informes de avance de actividades por trabajador.
5	Informes de consumo de materiales.
6	Informe de uso de equipamiento.
7	Diseñar una opción para la solicitud de materiales y equipamiento al área de almacenes.
CONTROL Y SEGUIMIENTO	
1	Diseñar una opción para realizar el seguimiento del proyecto en base a la jerarquía: - Información del proyecto. - Control de fases. - Listado de actividades. - Seguimiento de actividades.
2	Obtención de la información resumida en base: - Proyecto en general. - Fase. - Actividad.
3	Elaboración de informes referentes a: - Duración del proyecto.
4	Informes de duración de actividades.
5	Informes de costos del proyecto.
6	Informes de progresos por proyecto en general.
7	Informes de costo previsto por fases.
8	Informes de materiales, equipamiento y personal programados para el proyecto.
9	Informes de consumo de materiales y uso de equipamiento por proyecto.
10	Informes de progresos por fase.
11	Cronograma de actividades por fase.
12	Informes de progresos por actividad.
13	Informes de consumo de materiales y uso de equipamiento por actividad
14	Informes de avance de actividad en base a trabajadores.
15	Informes de costos por actividad.
16	Informes de actividades en base a los siguientes criterios: - Sin comenzar. - En ejecución. - Demoradas. - Concluidas.
17	Informes de actividades en base a sus asignaciones:

Fuente: Elaboración propia. Junio 2015.

Tabla Nº 2. Requerimientos no funcionales Empresa SERCO S.R.L.

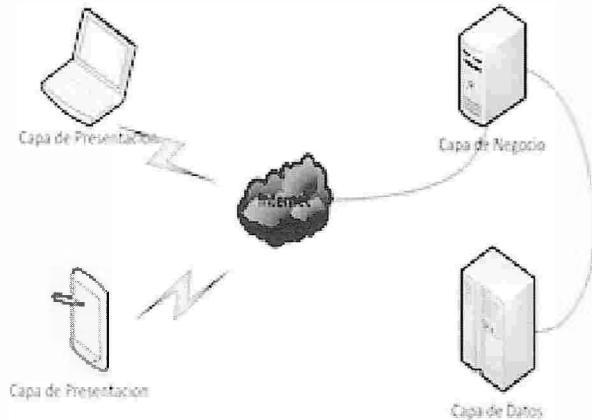
REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES	
Nº	REQUERIMIENTO
1	<p>Facilidad de uso y registro de información.</p> <p>La plataforma informática de gestión de proyectos de construcción de carreteras para la empresa SERCO SRL debe ser una herramienta fácil de usar e intuitiva para el usuario.</p> <p>La plataforma no debe permitir el cierre de una operación hasta que todos sus procesos, subprocesos y tareas relacionadas hayan sido terminados y cerrados satisfactoriamente, como en las altas, bajas, modificaciones, consultas, informes, cálculos, impresión de gráficos, mensajes de alerta, confirmación y errores.</p> <p>El ingreso de información al sistema, como ser la cuenta de usuario, debe ser autenticado por la plataforma.</p> <p>El sistema debe presentar mensajes de error que permitan al usuario tener el conocimiento de este.</p>
2	<p>Fácil acceso al sitio.</p> <p>Los usuarios que accedan a la plataforma con sus correspondientes cuentas de usuario, podrán manipular la información de manera rápida en base a permisos otorgados.</p>
3	<p>Actualización de la plataforma.</p> <p>La base de datos se debe actualizar cada vez que se ingrese información en el sistema de la empresa.</p>
4	<p>Inmediatez.</p> <p>Los datos que se ingresen en la base de datos del sistema, se guardarán de manera inmediata sin tiempo de demora.</p>
5	<p>Documentación.</p> <p>La plataforma y cada uno de los componentes de software que forman parte de la solución propuesta, deberán estar debidamente documentados tanto en el código fuente como en los manuales de administración y de usuario, para ayudar a la experiencia del mismo.</p>
6	<p>Navegabilidad.</p> <p>La plataforma informática, debe ser fácil de navegar y de explorar el contenido que tiene. Los usuarios de la empresa, al momento de acceder al sitio, podrán navegar de manera sencilla mediante menús de opciones permitidos para el usuario.</p>
7	<p>Usabilidad.</p> <p>La aplicación web deberá ser de fácil manejo y libre de errores de ejecución, ya sea al momento de registrar, manejar, gestionar información o actualizar la base de datos.</p>
8	<p>Funcionalidad</p> <p>El sitio web deberá funcionar correctamente, sin el más mínimo error al ejecutar operaciones como la de registro, actualización e inicio de sesión.</p>
9	<p>Seguridad</p> <p>La plataforma informática deberá contar con una seguridad estricta para evitar que usuarios malintencionados intenten ingresar sin previo registro, tanto en miembros de la empresa como en usuarios externos.</p> <p>Para mejor seguridad, la aplicación web generará menús de opciones que serán visibles para el usuario, en base a los permisos otorgados, según sus funciones administrativas.</p>
10	<p>Compatibilidad de navegador web</p> <p>La plataforma tiene soporte para los siguientes navegadores:</p> <p>Mozilla Firefox 33.1 o superior</p> <p>Google Chrome Versión 42.0.2311.135 m</p> <p>No se tiene compatibilidad con Internet Explorer 8.</p>

Fuente: Elaboración propia. Junio 2015.

ARQUITECTURA TECNOLÓGICA

La estructura tecnológica utilizada está basada en la arquitectura web de tres capas, las cual se aprecia en la siguiente figura:

Figura N° 1. Esquema de la arquitectura en 3 capas.



Fuente: *diataline.wordpress.com*. Extraído: Junio 2015.

La arquitectura de 3 capas brindará la posibilidad de aplicar aspectos de seguridad web cuando se pongan en marcha las aplicaciones.

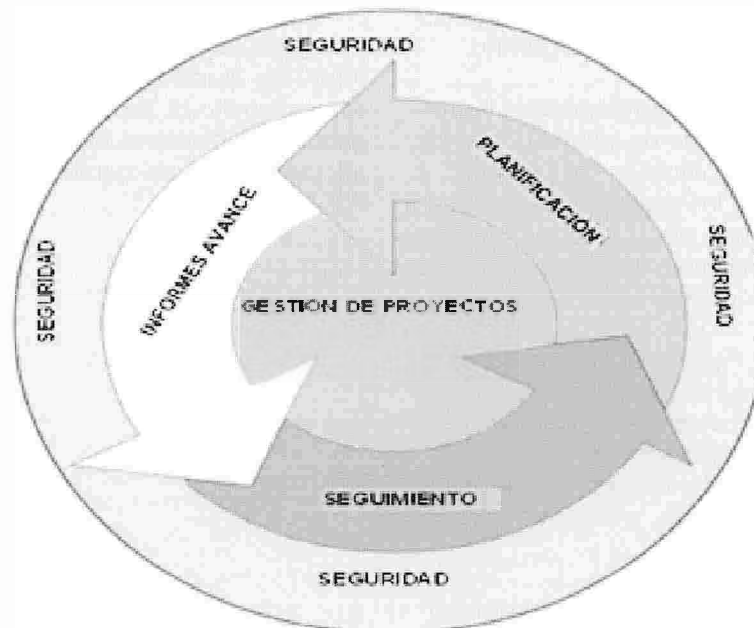
La seguridad de la aplicación es la siguiente:

- Control de sesiones por cada usuario mediante variables de sesión.
- Control de cantidad de accesos por fecha.
- Control de roles y permisos de usuario.
- Auditoría de opciones donde el usuario ingresó.
- Uso de la etiqueta <iframe> para que las opciones correspondientes al contenido web, se carguen usando la página principal, de este modo la URL correspondiente a la página de la opción no será visible en la barra de navegación.
- En caso de que el usuario olvidara su contraseña, la aplicación brinda un formulario de solicitud donde éste, ingresa su nombre de usuario y correo electrónico para que el sistema le brinde una nueva contraseña mediante este medio.
- En caso de que un usuario malintencionado intente acceder directamente a las opciones sin tener permiso, el sistema realiza una validación de existencia de opción para bloquear el acceso a la página (rebote).

DISEÑO DE LA PLATAFORMA INFORMÁTICA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

Los macro-procesos identificados para el desarrollo de la plataforma son los siguientes:

Figura N° 2. Macro-procesos de la gestión de proyectos

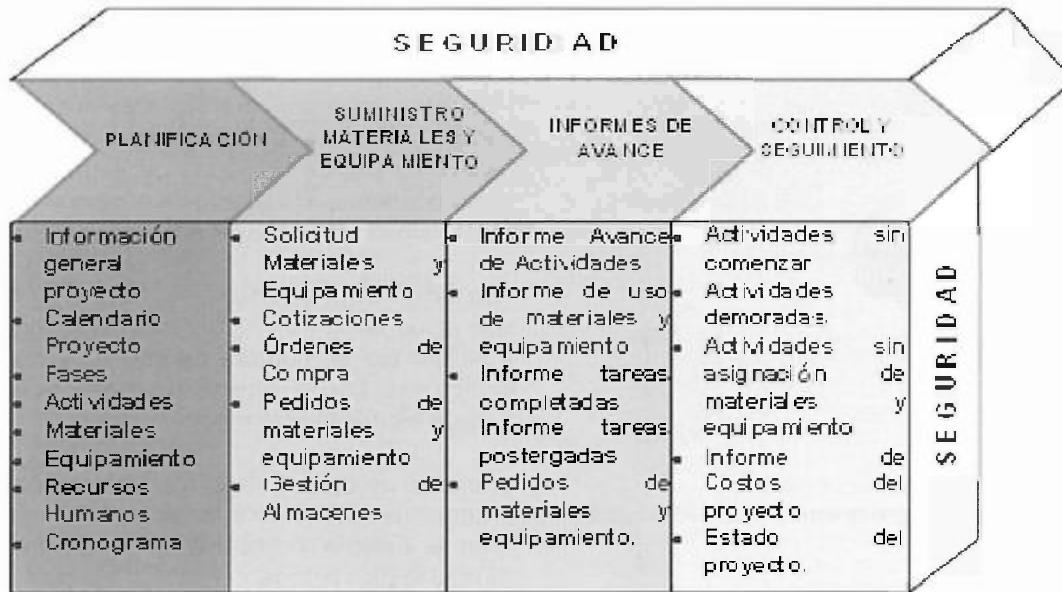


Fuente: *Elaboración propia*. Junio 2015.

ARQUITECTURA DEL SISTEMA

La arquitectura del sistema es la siguiente:

Figura N° 3. Arquitectura del sistema



Fuente: Elaboración propia. Junio 2015.

Los módulos del sistema son los siguientes:

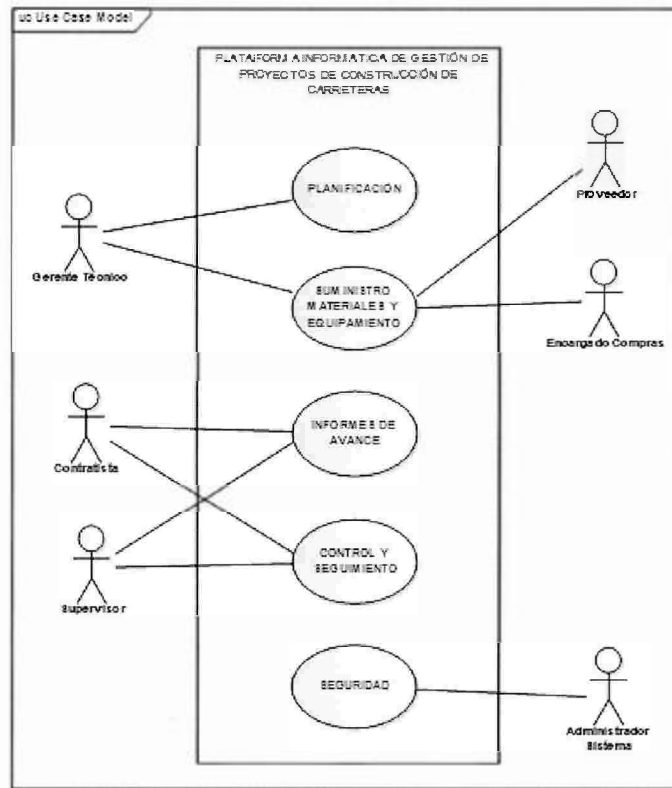
- **Planificación:** Consiste en la planificación o programación de actividades en el tiempo y la programación de los respectivos recursos materiales, de equipamiento y humanos, que son necesarios para su desarrollo.
- **Suministro de materiales y equipamiento:** Permitirá también brindar un soporte de información a los macro-procesos de planificación y control y seguimiento, relacionando los requerimientos de materiales y equipamiento en la etapa de planificación y de los materiales y equipamiento utilizados durante la etapa de ejecución y de control y seguimiento.
- **Informes de avance:** Permite al encargado de la obra o el Jefe de Proyecto, informar permanentemente al sistema sobre los avances en cada una de las actividades programadas en la etapa de planificación, así como también permite informar sobre los recursos materiales y de equipamiento utilizados para el desarrollo de éstas.
- **Control y Seguimiento:** Permitirá que la planificación operativa pueda contar con el respectivo seguimiento de las actividades programadas, de tal

forma que se puedan obtener los resultados que indiquen si los objetivos trazados en el plan operativo, han sido cumplidos de la forma en que fueron programados.

- **Seguridad:** Permitirá realizar la gestión del sistema mediante usuarios, roles, permisos, menús de opciones, auditoría, sesiones, reportes ya que la otorgación de permisos está acorde a las funciones administrativas del personal de la empresa SERCO S.R.L.

DISEÑO DEL SISTEMA

Figura Nº 4. Diagrama contextual de los módulos del sistema

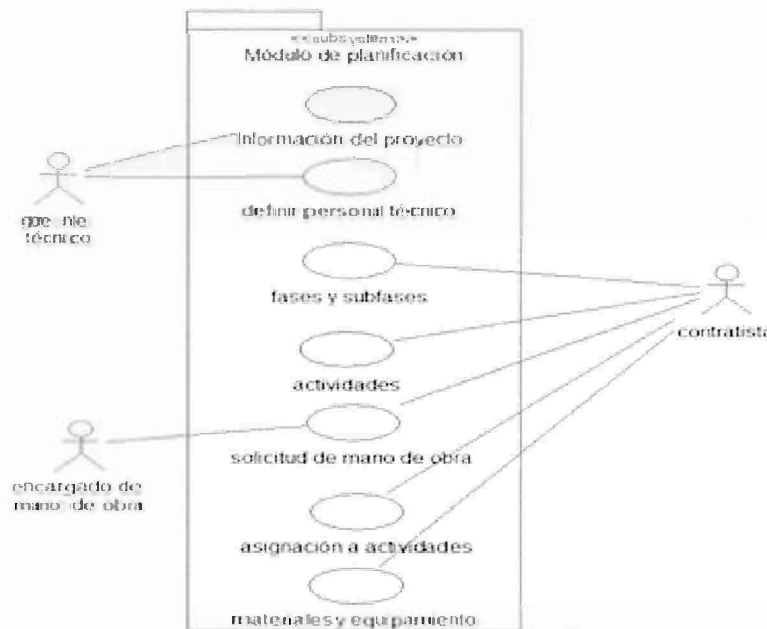


Fuente: Elaboración propia. Junio 2015.

MODELADO DEL MÓDULO DE PLANIFICACIÓN

A continuación, se describe el modelo aplicado al módulo de planificación.

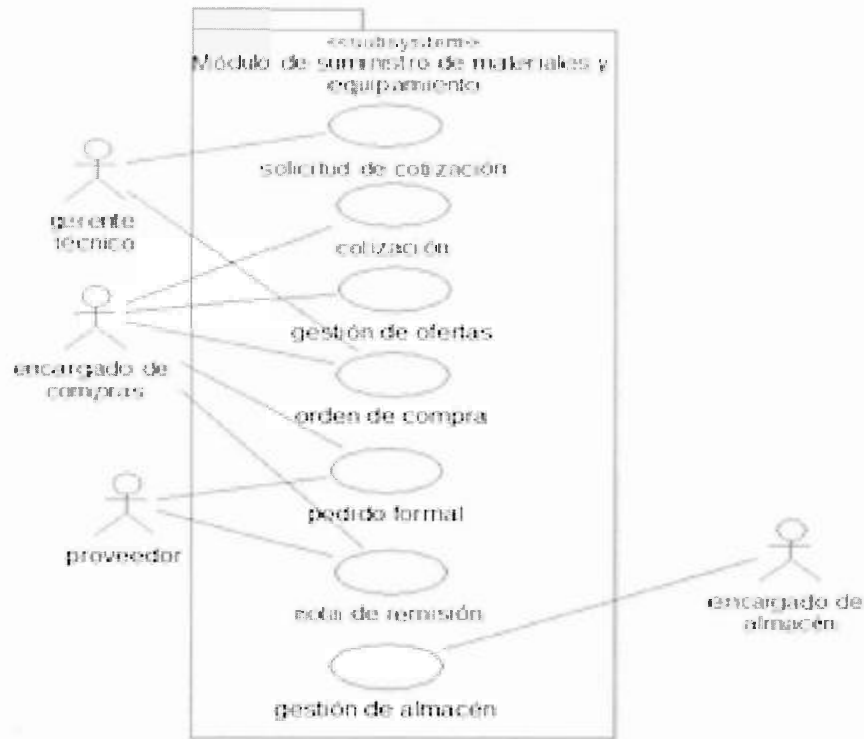
Figura Nº 5. Diagrama contextual del módulo de planificación



Fuente: Elaboración propia. Junio 2015.

MODELADO DEL MÓDULO DE SUMINISTRO DE MATERIALES Y EQUIPAMIENTO

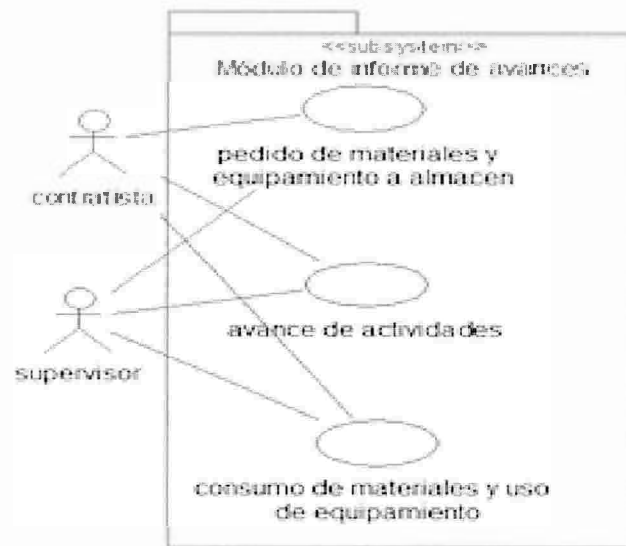
Figura N° 6. Diagrama contextual del módulo de suministro de materiales y equipamiento



Fuente: Elaboración propia. Junio 2015.

MODELADO DEL MÓDULO DE INFORME DE AVANCES

Figura N° 7. Diagrama contextual del módulo de informes de avances



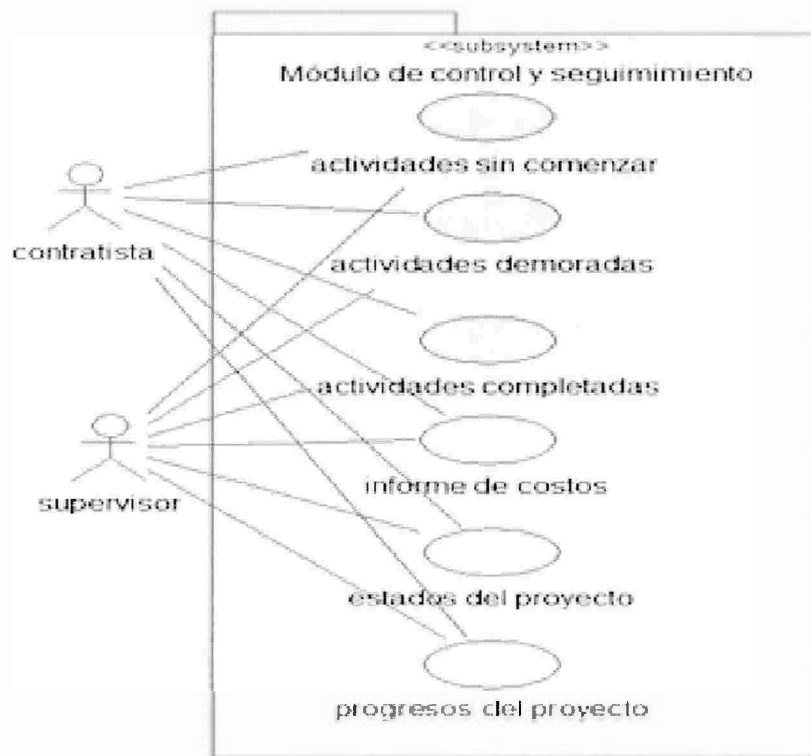
Fuente: Elaboración propia. Junio 2015.

DISEÑO DE PANTALLAS Y REPORTE

A continuación, un ejemplo de una pantalla de reporte del sistema en base al modelo planteado:

MODELADO DEL MÓDULO DE CONTROL Y SEGUIMIENTO

Figura N° 8. Diagrama contextual del módulo de control y seguimiento

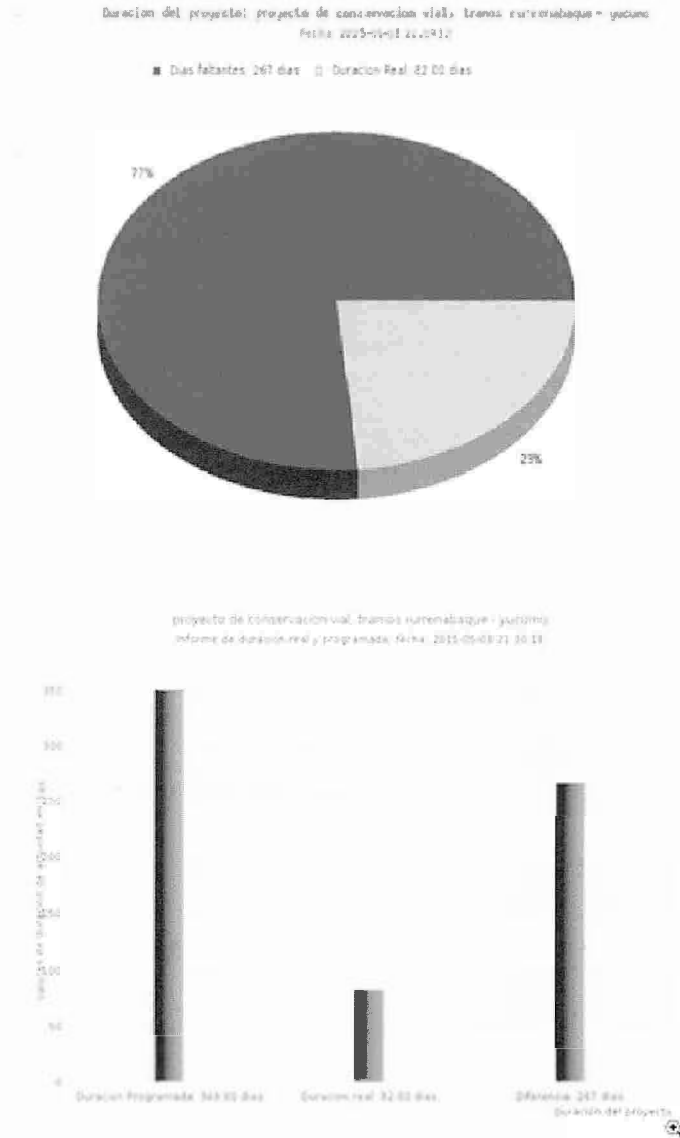


Fuente: Elaboración propia. Junio 2015.

DISEÑO DE PANTALLAS Y REPORTES

A continuación, un ejemplo de una pantalla de reporte del sistema en base al modelo planteado:

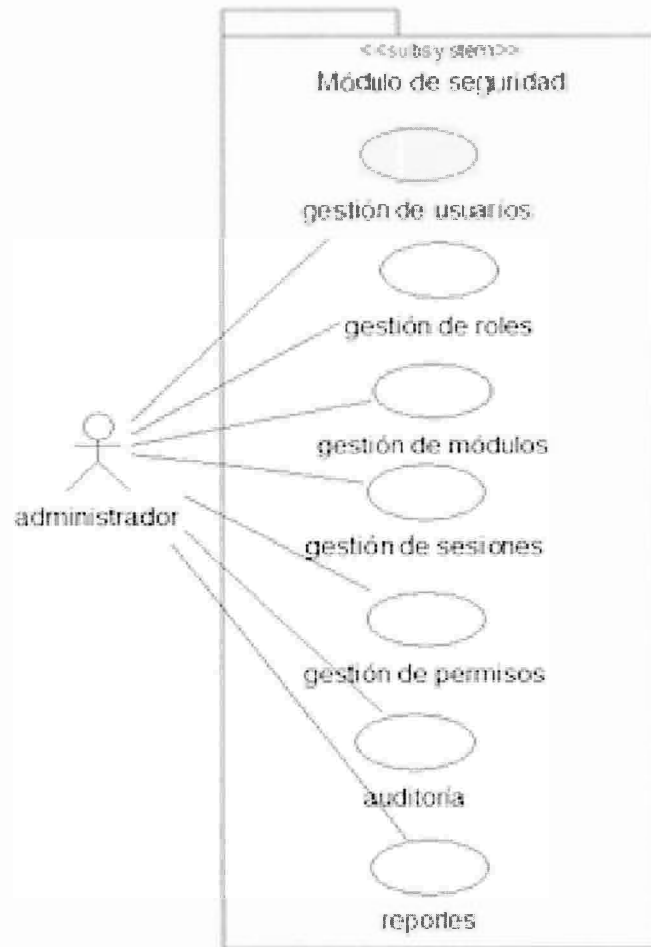
Figura Nº 9. Pantalla del reporte gráfico de informes del sistema



Fuente: Elaboración propia, Junio 2015.

MODELADO DEL MÓDULO DE SEGURIDAD

Figura N° 10. Diagrama contextual del módulo de seguridad



Fuente: Elaboración propia. Junio 2015.

COSTO DE LA APLICACIÓN

Tabla N°3. Costos de implementación del sistema

Estimación	Esfuerzo	Tiempo en meses	Número de personas	Costo en dólares (\$)	
Optimista		6,7	6,7	1	4570,14
Más probable		8,4	7,2	1,165666667	5712,78
Pesimista		10,5	7,7	1,363636364	7140,54

Fuente: Elaboración propia. Junio 2015.

CONCLUSIONES

Las entrevistas y la observación a los procedimientos de la empresa SERCO SRL, dieron lugar a identificar plenamente las deficiencias e inconsistencias en los procesos de gestión de proyectos de carreteras, así como también la falta de un sistema informático que pueda ayudar en la gestión, permitiendo realizar los procesos con eficiencia.

Para dar solución a los problemas encontrados, se diseñó y desarrolló el Sistema “Plataforma Informática de Gestión de Proyectos de Construcción de Carreteras”, que permitirá a la empresa SERCO SRL gestionar la planificación, el control de avance de las obras y el control y seguimiento en los proyectos de carreteras.

RECOMENDACIONES

- Capacitar al personal involucrado en los procesos de gestión de carreteras, en la operación y correcto uso del sistema “Plataforma Informática de Gestión de Proyectos de Construcción de Carreteras”; este aspecto, es muy importante para que el personal pueda obtener mayor provecho y eficiencia en el desarrollo de sus actividades, como miembros participantes en la gestión de un proyecto de construcción de carreteras.
- Se recomienda a la gerencia de la empresa efectuar la compra de un servidor de base de datos y en general todo el equipamiento necesario para el correcto funcionamiento del sistema.
- Cabe mencionar que las herramientas PHP y el gestor de base de datos mysql son de uso gratuito por lo tanto la empresa tendrá un ahorro significativo al no realizar compra de licencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Grady Booch; James Rumbaugh; Ivar Jacobson; (2000); El Lenguaje Unificado de Modelado; España: ADDISON WESLEY.
 - (2) Craig Larman; (1999); UML y Patrones, Una Introducción al análisis y diseño orientado a objetos; México: PRENTICE HALL INC.
 - (3) Greg Voss; (1994); Programación Orientada a Objetos; México: McGraw Hill.
 - (4) Joel de la Cruz Villar; (2011); PHP 6 y MySQL 6; Perú: MEGABYTE S.A.C.
 - (5) Gary R. Heerkens; (2002); Gestión de Proyectos; España: McGraw Hill
 - (6) Booch, Jacobson, Rumbaugh (2000); El Proceso Unificado de Desarrollo de Software.
- BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**
- Carlos Eyzaguirre Acosta; (2011); Programación de Obras con Project; Perú: MACRO.
 - Eric Gustavo Coronel Castillo; (2010); PHP Profesional; Perú: MACRO.
 - Gesvin Romero Moreno; (2007); Gestión de Proyectos; Perú: MEGABYTE S.A.C.
 - James Rumbaugh; Michael Blaha; William Premerlani; Frederick Eddy; William Lorensen, (1991); Modelado y diseño Orientado a Objetos; España: PRENTICE HALL, INC.
 - José Alvarado; Webpage dinámica con PHP 6 y MySql; Perú: Editorial Grupo Universitario

Fuentes de financiamiento: Esta investigación fue financiada con fondos de los autores.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no tiene ningún conflicto de interés.

Copyright (c) 2016 Rodrigo Lea Plaza Chávez; Hugo Gutiérrez Espada.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](#).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumendelicencia](#) - [Textocompletodelalicencia](#)