



Administración de proyectos en ingeniería del software

Project Administration for Software Engineering

*José Alexander Linares Morales** y *María Lourdes Geizzelez Luzardo***

Resumen

El propósito del estudio fue diseñar un modelo de administración de proyectos en el área de Ingeniería del Software para organizaciones de investigación y desarrollo de soluciones informáticas. Se caracterizó por ser una investigación descriptiva y documental, basada en un diseño no experimental. Se trabajó con una población de doce (12) expertos en gestión de proyectos informáticos. La técnica e instrumento de recolección de datos utilizada fue la encuesta, a través de la aplicación de un cuestionario. Para el análisis de los datos se utilizó la estadística descriptiva, la cual permitió el establecimiento de los principios teóricos relacionados con la formulación, planificación, ejecución, y control de proyectos informáticos; resultando en la propuesta del modelo respectivo.

Palabras clave: Administración de proyectos, ingeniería del software.

Recibido: Diciembre 2006 • Aceptado: Marzo 2007

* Ingeniero en Computación y Magister Scientiarum en Gerencia de Proyectos de Investigación y Desarrollo. Profesor de pregrado y postgrado de la Universidad Rafael Belloso Chacín (URBE), Maracaibo, Venezuela y del Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo (IUTM), Maracaibo, Venezuela. E-mail: jlinares@urbe.edu

** Ingeniero en Computación y Magister Scientiarum en Gerencia de Proyectos Industriales. Profesor Agregado de la Universidad del Zulia (LUZ), Maracaibo, Venezuela y del Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo (IUTM), Maracaibo, Venezuela. E-mail: mgeizzelez@yahoo.es

Abstract

The purpose of the study was to design a model for administering software engineering projects for research and development organizations seeking computer solutions. The investigation was descriptive and documentary, based on a non-experimental design. It worked with a population of twelve (12) experts in computer project administration. The technique and instrument for collecting data was a survey with one questionnaire. To analyze the data, descriptive statistics were used, which allowed for establishing the theoretical principles related to the formulation, planning, execution and control of computer projects, resulting in the proposal for its respective model.

Key words: Project administration, software engineering.

Introducción

El manejo de sistemas informáticos es tan importante para los planes de las empresas, que en ocasiones se contratan gerentes con la única responsabilidad de administrarlos. Comprar la tecnología adecuada es la parte fácil; el reto es adaptarla a las necesidades de la organización y asimilarla; es por ello que alcanzar un alto grado de adaptación es un aspecto fundamental para el éxito de la compañía.

Cualquier decisión para invertir en alguna aplicación significa más que un compromiso de tiempo, esfuerzo y recursos financieros; también define el futuro de la empresa, al limitarse la atención que puede prestarse a otros proyectos por concentrar los esfuerzos en una aplicación. Es este precisamente el entorno donde se desarrolla la Ingeniería del Software, disciplina de la informática que integra proceso, métodos y herramientas para desarrollar y mantener software de calidad que resuelvan problemas de todo tipo.

Ahora bien, la gestión de proyectos es una actividad importante dentro de la Ingeniería del Software. Empieza antes de iniciar cualquier actividad técnica y continúa a lo largo de todo el ciclo de vida del software. Comprende estimaciones, análisis de riesgos, planificación, seguimiento y control.

En tal sentido, la presente investigación tiene como objetivo diseñar un modelo de administración de proyectos en el área de la Ingeniería del Software, a partir de los principios básicos asociados a la gestión de proyectos tecnológicos con el fin de constituir un fundamento razonable para evaluar la ejecución de los mismos, sobre la base de sus requerimientos particulares, dentro de organizaciones de Investigación y Desarrollo (I+D) en tecnologías de información.

Población del estudio

Para efectos de diseñar el modelo propuesto se utilizó una población compuesta por un conjunto de expertos en el área de Gerencia de Proyectos, y por profesionales especialistas en el área que han desempeñado asesoría de proyectos de sistemas, con la experiencia necesaria para suministrar información de relevan-

cia que permita estructurar el modelo propuesto. La caracterización de esta población se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1
Características de la población de expertos

Cargo	Empresa	Perfil
Gerentes y Líderes de Proyectos	Servicios Informáticos (Procedatos, Desca)	Ingenieros y/o Licenciados en Computación, Informática, Sistemas y/o profesionales con postgrado en Gerencia de Proyectos, con experiencia mínima de dos (02) años en el área de administración, control y ejecución de proyectos en empresas dedicadas al desarrollo de sistemas de información.
Especialistas dedicados a la docencia y la investigación	Universidades (URBE, URU, LUZ)	Profesionales universitarios en el área de Sistemas, Computación o Informática, con experiencia mínima de tres (03) años en la asesoría de proyectos de investigación en el campo objeto de estudio, en universidades de reconocida trayectoria en la región.

La selección de la muestra fue no probabilística o dirigida, la cual, tal como lo establecen Hernández et al (1998) tiene como ventaja la utilidad para determinado diseño de estudio que requiere no tanto una “representatividad de elementos de una población, sino una cuidadosa y controlada elección de sujetos con ciertas características especificadas previamente en el planteamiento del problema”. Dentro de esta, se tomó la clasificación de muestra de expertos, en número de doce (12), representada por dos (02) especialistas en el área de Gerencia de Proyectos y Gestión Tecnológica, cinco (05) líderes de proyectos informáticos representantes de las principales empresas que desarrollan sistemas de información en la región, y cinco (05) profesionales del área con estudios de cuarto nivel en Gerencia de Proyectos y experiencia en la asesoría de proyectos informáticos en las principales universidades de la región.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de recolección de datos utilizada fue la encuesta, y se aplicó un cuestionario para evaluar las características de diseño del modelo sobre la base de los principios de la Gerencia de Proyectos de I+D, el cual se estructuró a través de un listado de veintitrés (23) preguntas, de las cuales diecisiete (17) son cerradas de múltiples alternativas, y seis (06) son cerradas del tipo sí-no.

Antes de la aplicación del instrumento, este fue sometido a un proceso de validez de contenido, a través del juicio de cinco (05) expertos en el área de proyectos de I+D y gestión tecnológica, quienes evaluaron la relación existente entre

los ítems del cuestionario y los objetivos de la investigación, a fin de confirmar si las preguntas pueden medir tales parámetros.

Procedimiento para el análisis de los datos

La forma como se organizaron los datos obtenidos de la aplicación del cuestionario obedece a una tabulación de doble entrada. Por tratarse de una investigación de tipo descriptiva, la información se procesó utilizando el tratamiento estadístico de carácter descriptivo, representado por las frecuencias absoluta y relativa de cada respuesta aportada por los sujetos a las preguntas del cuestionario.

Resultados de la aplicación del cuestionario

- Los expertos establecen que para lograr una definición completa de un proyecto de sistemas, se deben considerar los siguientes aspectos: alcance bien definido, estudio de factibilidad, estructura del proyecto, herramientas de desarrollo, marco de referencia, unidades organizacionales, requerimientos de tiempo y recursos, costos, beneficios, posibles limitaciones, área de trabajo y usuarios potenciales.
- Según los expertos consultados, la descripción completa de un proyecto de sistemas se logra considerando los objetivos del sistema, el alcance del proyecto y los usuarios potenciales.
- La memoria tecnológica de cualquier organización puede beneficiarse con la implantación de un sistema de retroalimentación que administre las diferentes fuentes de información que dispone.
- Para realizar la planificación de un proyecto, se deben definir el calendario del mismo y su estructura de trabajo, los costos directos e indirectos y los productos a obtener.
- Para asignar recursos a las actividades que forman parte de un proyecto de sistemas se debe considerar la cantidad de equipos, la cantidad de mano de obra, y el número de piezas.
- La organización de un proyecto de sistemas debe girar en torno a la experiencia laboral de cada uno de sus integrantes y su productividad.
- El Desarrollo Rápido de Aplicaciones representa la estrategia de sistemas más adecuada para emprender proyectos informáticos, junto al modelo de prototipado evolutivo.
- Para lograr un control efectivo de proyectos deben considerarse los siguientes aspectos: la prevención de riesgos, la cantidad de productos, la corrección de fallas y la calidad del producto, permitiendo evitar los problemas derivados de la incorrecta utilización y / o asignación de los recursos.

Discusión de los resultados

- De acuerdo con los resultados obtenidos, entre las razones determinantes para proponer un proyecto de sistemas se lista: integrar las áreas de la empresa, el desarrollo de nuevos productos y el aumento en la competitividad de la organización. En este sentido, O'Brien (2001) señala que entre los roles principales de los sistemas y tecnologías de información se tiene el respaldo a las operaciones comerciales, apoyo a la toma de decisiones gerenciales y apoyo a la ventaja estratégica.
- Asimismo, el desarrollo de capacidades tecnológicas propias permite a la gerencia emprender proyectos orientados al conocimiento de las tecnologías requeridas, la evaluación y adquisición, el uso y adaptación, y la creación de tecnología propia. La memoria tecnológica que posea la gerencia de proyectos en el área de desarrollo de sistemas debe alimentarse de información de diversa naturaleza: del proveedor de la misma, del proceso a automatizar, de las relaciones con los usuarios, de otras áreas de la empresa, de las actividades de I+D, y del entorno.
- Para lograr una eficiente planificación de proyectos, la gerencia debe definir los productos a ser obtenidos, la estructura de trabajo del proyecto, el calendario de actividades y los costos directos e indirectos. Whitten et al (2003) afirman que la función de planificación pretende identificar y establecer prioridades acerca de las tecnologías y las aplicaciones susceptibles de reportar un máximo beneficio a la empresa.
- De igual forma, la organización del mismo debe girar alrededor de la experiencia laboral de cada integrante y la optimización de su productividad. McConnell (1997) establece que la forma de organizar al personal tiene un gran efecto sobre la eficiencia con la que trabajen. Las empresas de software sacan partido a la estructura de sus equipos, para que concuerden con el tamaño del proyecto, las características del producto y los objetivos de planificación.
- Considerando la estrategia para el desarrollo de sistemas de información en la ejecución de un proyecto informático de innovación tecnológica, lo cual es para los expertos el modelo de prototipado evolutivo y el Desarrollo Rápido de Aplicaciones. Whitten et al (2003) establecen que el diseño de prototipos es una popular técnica de ingeniería utilizada para desarrollar modelos simulados de un producto o de sus componentes. Con respecto al Desarrollo Rápido de Aplicaciones, ésta es una combinación de diversas prácticas estructuradas con técnicas de prototipos y creación conjunta de aplicaciones cuyo fin es acelerar el desarrollo de sistemas.
- El análisis realizado permite inferir que el control efectivo de proyectos se logra tomando en cuenta la prevención de riesgos, la cantidad y calidad de los productos, y la corrección de fallas. Asimismo, permite evitar cualquier desperdicio de tiempo o recursos y tomar acciones preventivas. Con respecto a la administración en la calidad de un sistema de información, la misma debe fundamentarse en definir atributos de calidad que permitan medir el

desempeño del sistema en forma objetiva. Llorens Fabregas (2005) enuncia un conjunto de atributos de calidad para este cometido, basados en la confiabilidad, eficiencia, flexibilidad, disponibilidad, seguridad y otros aspectos relacionados con los sistemas de información; a la vez que destaca la importancia del control de cambios a fin de evitar que las modificaciones se adopten sin orden y asegurar que solamente se permitan aquellos que realmente requiere el negocio, descartando todos aquellos que no sean relevantes o no signifiquen una mejora importante para el sistema.

Conceptualización de la propuesta

Conceptualmente, y siguiendo el criterio de Whitten et al (2003), la Gestión o Administración de Proyectos es el proceso por el cual se planifica, dirige y controla el desarrollo de un sistema aceptable con un costo mínimo y dentro de un período de tiempo específico. Se traduce como la coordinación de los elementos con los que cuenta la empresa para un mejor aprovechamiento del tiempo, de los recursos (físicos y humanos) y del capital.

En tal sentido, operacionalmente la propuesta de un Modelo de Administración de Proyectos en el área de Ingeniería del Software constituye una guía y apoyo al equipo de analistas, programadores y especialistas en sistemas de información pertenecientes a las distintas disciplinas que componen la organización, por medio del establecimiento de un conjunto de pautas y lineamientos a seguir para la planificación, ejecución y control de proyectos informáticos, utilizando para ello la estrategia de elaboración de prototipos dada la finalidad de los productos que pueden resultar de estos proyectos.

Objetivo de la propuesta

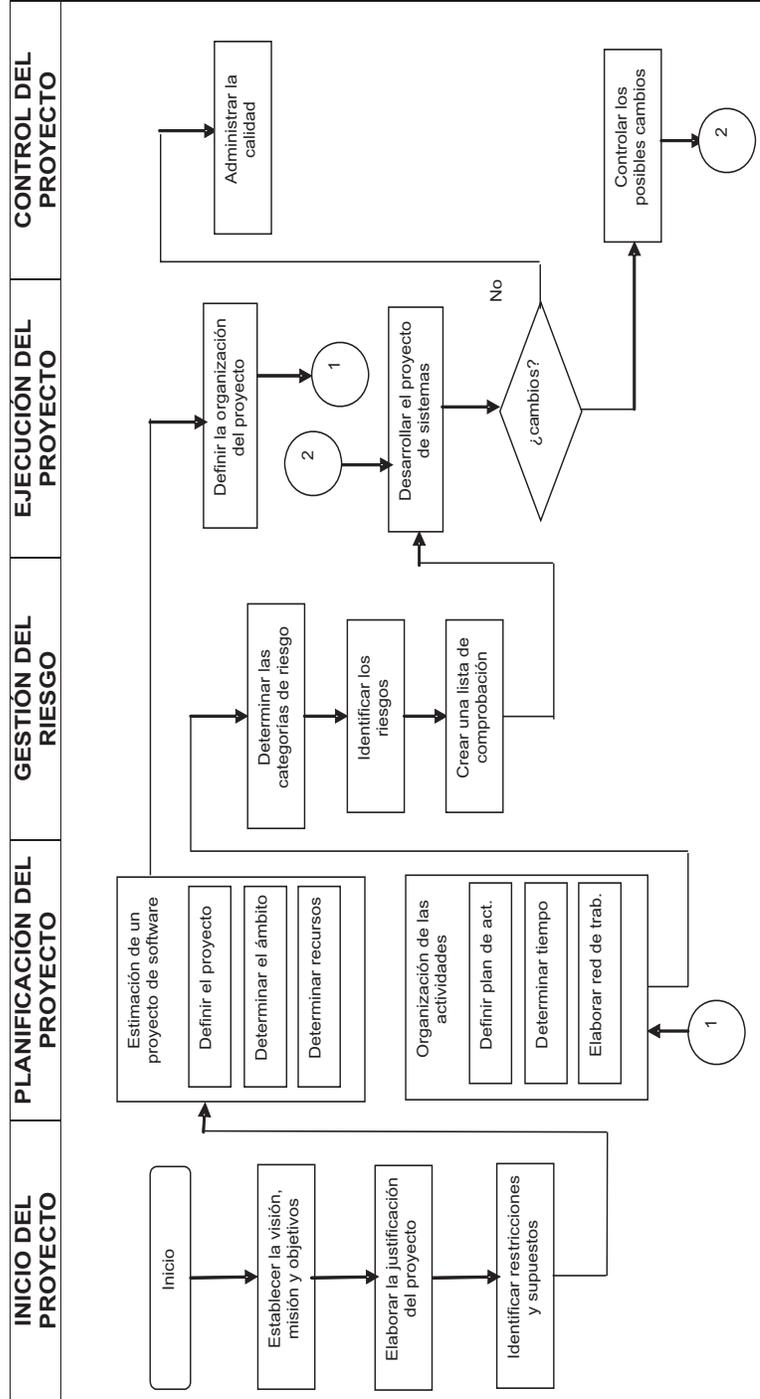
La propuesta tiene como objetivo establecer un modelo que cubra los aspectos fundamentales que forman parte del proceso en la administración de proyectos tecnológicos en el ámbito de las organizaciones consultoras y de apoyo que se dedican al análisis, diseño, desarrollo e implantación de soluciones informáticas sobre la base de las capacidades tecnológicas disponibles.

Para ello se ha tomado como base diversos enfoques teóricos con respecto a la gestión de proyectos informáticos, en particular los lineamientos propuestos en materia de Sistemas de Información e Ingeniería del Software por Pressman (2002), Laudon y Laudon (2002), Whitten y otros (2003); y en el ámbito de la Gerencia de Proyectos por Chamoun (2002), Llorens Fabregas (2005), Newell y Grashina (2005), conformando una ecléctica, así como la experiencia de profesionales en el área de gestión tecnológica y sistemas informáticos.

Etapas de la propuesta

En la Figura 1 se muestra un flujograma que ilustra las etapas en las cuales se ha estructurado el modelo de administración de proyectos propuesto, y estas se describen a continuación:

Figura 1
 Modelo de Administración de Proyectos propuesto. Linares y Geizzelez (2006)



1. Inicio del proyecto

Dado que todo proyecto constituye un esfuerzo temporal, es decir, consta de un inicio y fin determinados, resulta pertinente señalar que el primer proceso a emprender en el marco de la administración del mismo es el Inicio del Proyecto. De acuerdo con el planteamiento de Chamoun (2002), durante esta etapa se establece la visión del proyecto (el qué), la misión por cumplir, los objetivos propuestos, la descripción de los argumentos que permiten elaborar su justificación, así como la identificación y descripción de las restricciones y supuestos.

En tal sentido, es importante identificar y reconocer los diferentes entes involucrados directa e indirectamente con el proyecto, para así registrar y documentar sus expectativas. Con este primer levantamiento de requerimientos iniciales se construye la justificación del proyecto; esta información debe ser comunicada al equipo para así obtener una visión clara y compartida de las necesidades de información a satisfacer por la solución tecnológica a desarrollar.

2. Planificación de proyectos

El objetivo de la planificación del proyecto de software es proporcionar un marco de trabajo que permita al gestor hacer estimaciones razonables de recursos, costos y planificación temporal. Estas estimaciones se hacen dentro de un marco de tiempo limitado al comienzo de un proyecto de software, y deberían actualizarse regularmente en la medida que progresa el proyecto.

2.1. Estimación de un proyecto de software

De acuerdo al criterio de Pressman (2002), la estimación de recursos, costos y planificación temporal de un esfuerzo en desarrollo de software conlleva un riesgo inherente, y es éste el que lleva a la incertidumbre propia de los proyectos de I+D: la complejidad, el tamaño y la estructura del proyecto, así como la disponibilidad de información histórica representan elementos determinantes del riesgo en la estimación. Ahora bien, entre las actividades asociadas con este proceso se tienen:

- **Definir el proyecto de software:** tomando en consideración la opinión del grupo de expertos, la descripción de un proyecto de software constituye la primera actividad a ser desarrollada por el gerente del mismo, tomando en consideración el alcance y los objetivos del mismo, las características de los usuarios potenciales, sus componentes y el área de trabajo en la que se produce la transferencia de tecnología. En función a ello, podrían encontrarse proyectos de cualquiera de los siguientes tipos:
 - a) Proyectos de desarrollo del concepto: se inician para explorar algún nuevo concepto de negocios o aplicación de alguna nueva tecnología.
 - b) Proyectos de desarrollo de una nueva aplicación: se aceptan como consecuencia de la solicitud por parte de un cliente específico.

c) Proyectos de mejoras de aplicaciones: ocurren cuando un software existente sufre grandes modificaciones de su funcionamiento, rendimiento o interfaces que son observables por el usuario.

d) Proyectos de mantenimiento de aplicaciones: corrigen, adaptan o amplían un software o tecnología existente de manera que puedan no ser obvias de forma inmediata para el usuario final.

e) Proyectos de reingeniería: para reconstruir un sistema existente en su totalidad o parte.

- **Determinar el ámbito del software:** se deben evaluar la función y el rendimiento que se asignaron al software durante la Ingeniería del sistema para establecer un ámbito de proyecto que no sea ambiguo, e incomprensible para directivos y técnicos. Para ello, se describe la función, el rendimiento, las restricciones, las interfaces y la fiabilidad; se evalúan las funciones del ámbito y en algunos casos se refinan para dar más detalles antes del comienzo de la estimación.
- **Determinar los Recursos:** la segunda tarea de la planificación es la estimación de los recursos requeridos para acometer el esfuerzo de desarrollo del software, especificando su descripción, disponibilidad, la fecha cronológica en la que es requerido, y el tiempo durante el cual será aplicado.
- **Estimación del proyecto:** un gran error en la estimación del costo puede ser lo que marque la diferencia entre beneficios y pérdidas, la estimación del costo y del esfuerzo del software requiere la consideración de muchas variables: humanas, técnicas, de entorno, políticas, que pueden afectar el costo final del software y el esfuerzo aplicado para desarrollarlo.

Para realizar estimaciones seguras se tienen varias opciones posibles: (1) dejar la estimación para más adelante, (2) fundamentar las estimaciones en proyectos similares ya terminados, (3) utilizar técnicas de descomposición relativamente sencillas para generar las estimaciones del proyecto, y (4) desarrollar un modelo empírico para el cálculo de costos y esfuerzos del software.

Al hacer un análisis de cada una de ellas se tiene que, la primera opción, no es práctica, puesto que las estimaciones han de ser proporcionadas a priori. En el caso de la segunda opción, esta puede funcionar razonablemente bien si el proyecto actual es bastante similar a los esfuerzos pasados. Las restantes son métodos viables para la estimación del proyecto. Lo recomendable sería aplicar conjuntamente las técnicas indicadas usando cada una de ellas como comprobación de las otras.

2.2. Organización de las actividades

Debido a que el software es intangible, es necesario introducir mecanismos que hagan visible su avance. Para ello se emplean los hitos y productos. En el primer caso, los hitos representan el fin de alguna etapa bien definida del proyecto, mientras que los productos constituyen resultados de una etapa. En función a ello, la entrega de un producto es un hito, sin embargo, no todos los hitos requie-

ren de la entrega de un producto. En el desarrollo de software, se aplican diagramas de Gantt para el control de las actividades a implementar en la ejecución del proyecto, así como la asignación de los recursos requeridos para llevarlas a cabo.

2.3. Elaboración del plan de proyecto

La estructura tipo de un plan de proyecto debe contener: Introducción (objetivos, ámbito y restricciones, plan estratégico de la empresa y su organización), Resumen de estimaciones del proyecto (fuentes y técnicas de estimación), Organización del Proyecto (miembros y roles del equipo), Análisis de riesgos (identificación de los riesgos, probabilidades y estrategias de reducción de los mismos), Requerimientos de hardware y software (especificación de equipos y programas, costos y fechas de entrega de los recursos a adquirir), Descomposición del trabajo (definición de actividades, hitos y productos), Calendario del Proyecto (relación entre las actividades, gráfico de Gantt, tiempo requerido y personal asignado), y Mecanismo de seguimiento (calidad y control de cambios).

3. Gestión del riesgo

Continuando con el criterio de Pressman (2002), cuando se analizan los riesgos es importante cuantificar el nivel de incertidumbre y el grado de pérdidas asociado con cada uno. Para ello, se deben considerar diferentes categorías del mismo: *del proyecto* propiamente dicho, relacionados con los problemas de presupuesto, planificación temporal, organización, recursos, clientes, requisitos, y su impacto en el proyecto de software; *técnicos*, relacionados con problemas del diseño, implementación, de interfaz, verificación y de mantenimiento; *del negocio*, relacionados con cualquiera de las siguientes circunstancias: (1) construir un producto que no tiene demanda (riesgo de mercado), (2) construir un producto que no encaja en la estrategia general de la institución (riesgo estratégico), (3) perder el apoyo de una gestión experta debido a cambios de enfoque (riesgos de dirección), y (4) perder presupuesto o personal asignado (riesgos de presupuesto).

Para identificarlos, se recomienda crear una lista de comprobación de elementos de riesgo, relacionados con: el tamaño del producto, impacto en el negocio, características del cliente, definición del proceso, entorno de desarrollo, tecnología a construir y la experiencia del equipo. Además de los elementos y mecanismos de control necesarios para atacar el riesgo en caso de presentarse, que permitan definir la estrategia adecuada para garantizar la consecución de los objetivos del proyecto: evitarlo, aceptarlo, transferirlo o atenuarlo. Newell y Grashina (2005) señalan que dicha estrategia se basa realmente en la tolerancia al riesgo, la cual no es otra cosa que la disposición de una persona o de una organización a aceptar o evitar el riesgo. Los factores a considerar al momento de realizar una selección están vinculados al costo y a los plazos.

4. Ejecución de proyectos

Whitten et al (2003) definen el ciclo de vida de desarrollo de sistemas como el proceso por el cual los analistas de sistemas, los ingenieros de software, los programadores y los usuarios finales elaboran aplicaciones informáticas. Algunos de sus principios generales son: implicar al usuario, aplicar un método de resolución de problemas, definir fases y actividades, establecer normas de desarrollo y documentación consistentes, justificar los sistemas como inversiones de capital, no tener miedo de cancelar o revisar el proyecto, y diseñar sistemas que puedan crecer y cambiar.

4.1. Organización del proyecto

La organización del proyecto debe estar fundamentada por la experiencia del equipo de trabajo y la productividad de sus integrantes a fin de obtener componentes de software o sistemas de información que cumplan con los requisitos del cliente. Por estas razones, la estructura de equipos debe orientarse a los productos, puesto que permite organizar a las personas de acuerdo a las partes del sistema en las cuales trabajen.

Whitten et al (2003) establecen que los proyectos de desarrollo de sistemas pueden implicar a un equipo de analistas, programadores, usuarios de tecnología y otros profesionales de los sistemas de información que han de trabajar conjuntamente, liderizados por un Gerente o Administrador de Proyecto de Software, entre cuyas responsabilidades se encuentran:

- Escribir propuestas de sistemas, es decir, generar buenas ideas.
- Realizar la estimación de costos asociados al proyecto.
- Planificar y establecer el calendario de desarrollo.
- Supervisar el trabajo para asegurar que se ejecute de acuerdo con los estándares adecuados.
- Supervisar la ejecución y avances del proyecto para asegurar el cumplimiento del calendario y presupuesto, detectando tempranamente errores y posibles atrasos. Seleccionar el personal.

Para cumplir adecuadamente con estas funciones, es deseable que los líderes de proyectos tecnológicos presenten diversos atributos personales, tales como:

- Actitud proactiva o iniciativa, que implica el uso consciente de su tiempo, un espíritu empresarial; conciencia de su misión y de sus objetivos, así como determinación para lograrlos.
- Creatividad para generar nuevas ideas y soluciones a problemas.
- Capacidad para identificar el carácter, la potencialidad, la competencia, la motivación y el grado de aceptación de responsabilidad de las personas con las que cuenta.
- Capacidad para identificar los cambios organizacionales requeridos para lograr la eficacia, así como para saber planearlos e instrumentarlos.

- Capacidad para delegar y crear credibilidad interna y externa al proyecto.
- Habilidad en los procesos de comunicación, manejo de conflictos y negociación.
- Consideración por los valores profesionales de su equipo y de los demás miembros de la organización interna y externa al proyecto.
- Valores y ética compatibles con la cultura de la organización.
- Competencia técnica compatible con la naturaleza de las actividades y la tecnología del proyecto.
- Insatisfacción con los resultados obtenidos.
- Conciencia y control de sus sentimientos de inseguridad y envidia.

Adicionalmente, Chamoun (2002) sugiere que el gerente de proyectos debe desempeñar las siguientes responsabilidades claves: liderar el equipo para alcanzar los objetivos; asegurar la comunicación efectiva entre la administración y otras organizaciones externas; asegurar que los problemas del proyecto sean identificados y resueltos a tiempo; integrar y ejecutar las funciones de planeación, programación, negociación, comunicación, evaluación, control, toma de decisiones y elaboración de reportes.

4.2. Desarrollo de proyectos de sistemas

De acuerdo con la opinión de un grupo de especialistas en el área, el método más adecuado para el desarrollo de proyectos informáticos de innovación tecnológica consiste en la elaboración de prototipos. Al respecto, Laudon y Laudon (2002) establecen que este método consiste en un proceso iterativo de desarrollo de un sistema no funcional, rápido y económico para demostración y evaluación, para que los usuarios puedan determinar mejor sus requerimientos de información. De manera entonces que un prototipo constituye una versión operativa de un sistema de información o parte de él, pero se trata sólo de una versión preliminar. Con base en los planteamientos anteriores, las etapas de construcción de prototipos son las siguientes:

- *Identificar los requerimientos básicos del usuario.*
- *Desarrollar un prototipo inicial.*
- *Uso del prototipo.*
- *Revisión y mejora del prototipo.*

Luego de ser revisado, el ciclo regresa a la etapa anterior y se realizan tantas iteraciones hasta lograr la satisfacción del usuario. Cuando ya no se requieren más insistencias, éste se transforma en un prototipo operativo que proporciona las especificaciones finales para la aplicación. En ocasiones, se adopta como la versión definitiva de producción del sistema, que puede considerarse como una innovación incremental, para dar paso al desarrollo comercial consecuencia de una efectiva transferencia de la tecnología desarrollada.

5. Control de proyectos

Establecer un correcto control de proyectos le permite al Gerente realizar un seguimiento del mismo. Al respecto, Llorens Fabregas (2005) establecen los siguientes objetivos del control:

- Recopilar información sobre el avance de los productos, las actividades cumplidas, los eventos ocurridos y los que se prevén para el corto plazo.
- Analizar la información disponible y detectar el surgimiento de alguna complicación.
- Revisar el plan de trabajo para tener en cuenta los problemas y aprovechar mejor los recursos disponibles, especialmente el recurso humano.

El proceso de control de proyectos implica la realización de las siguientes tareas: preparar y ejecutar planes de acción; dirigir reuniones para identificar y resolver problemas; dirigir reuniones de comunicación de resultados obtenidos; y elaborar y presentar reportes de progreso.

La memoria tecnológica del proyecto de sistemas debe entonces incluir un registro de las actividades ejecutadas, donde se comparen los resultados obtenidos con respecto a los esperados, a fin de evaluar el progreso del proyecto, y ante cualquier imprevisto, quizás consecuencia de un riesgo identificado anteriormente, propiciar la estrategia más adecuada a ser implementada.

5.1. Administración de la calidad

Asimismo, la estrategia de control a implementar debe permitir administrar la calidad del software mediante la consideración de un conjunto de atributos que permitan decidir si un determinado sistema es de alta, mediana o baja calidad. En la Tabla 2 se ilustran los principales atributos de calidad recopilados del estado del arte y la opinión de diversos especialistas del área.

5.2. Control de cambios

El objetivo del procedimiento de control de cambios es evitar que los mismos se adopten sin orden y asegurar que solamente se permitan aquellos que realmente requiere el negocio, descartando todos aquellos que no sean relevantes o no signifiquen una mejora importante para el sistema.

Newell y Grashina (2005) establecen que el proceso de cambio inicia con la fase preliminar de comprender la necesidad de este. Posteriormente, se siguen las etapas de 1) construcción del fundamento para un cambio; 2) construcción del concepto de cambio; y 3) finalmente la implementación del cambio.

Ahora bien, la solicitud del cambio puede producirse en cualquier momento de la ejecución del proyecto y debe acompañarse de los objetivos deseados y las razones que lo justifiquen, de la siguiente manera:

- El administrador procederá a seleccionar las personas encargadas de evaluar el cambio a nivel funcional y técnico.

Tabla 2
Atributos de Calidad

Atributo	Descripción
Adecuación al negocio	Grado en el que el sistema cumple con las especificaciones, requerimientos y objetivos funcionales
Confiabilidad	Grado de precisión con que el sistema realiza todas sus operaciones
Eficiencia	Relación que guardan la cantidad y complejidad de las funciones del sistema y la cantidad de recursos requeridos para realizarlas
Facilidad de operación	Esfuerzo requerido para operar el sistema, preparar sus datos de entrada e interpretar los resultados que produce
Facilidad de entrenamiento	Esfuerzo requerido para aprender a operar y a interpretar los resultados que produce un sistema
Integración	Capacidad de un sistema para integrarse con los restantes sistemas de la empresa
Disponibilidad	Facilidad con que el usuario puede acceder a las aplicaciones y la información procesada por ellas.
Seguridad	Grado de dificultad que encuentran las personas no autorizadas al tratar de acceder a diversos componentes del sistema
Integridad	Grado de dificultad establecido para evitar que algún evento o persona pueda dañar los componentes o la información del sistema
Mantenibilidad	Esfuerzo requerido para localizar y corregir la fuente de error de un sistema
Flexibilidad	Esfuerzo requerido para mejorar o ampliar las funciones que realizan los componentes de un sistema
Facilidad de prueba	Esfuerzo requerido para probar un sistema, y asegurar que esté libre de errores y cumple con sus especificaciones
Reusabilidad	Capacidad de adaptación de los componentes de un sistema para ser utilizados en otras aplicaciones
Transportabilidad	Esfuerzo requerido para transferir un sistema desde una configuración de hardware a otra.

- La evaluación funcional deberá categorizar el cambio, bajo la perspectiva del negocio: prioridad para la empresa y para la función, impacto que producirá sobre el sistema y otras áreas del negocio.
- La evaluación técnica deberá determinar el impacto del cambio sobre el proyecto y otros sistemas, indicando el trabajo a realizar si se adopta el cambio y la magnitud del esfuerzo.
- Posteriormente, el líder del proyecto convocará reuniones, bien con el equipo de trabajo o con la gerencia del proyecto para discutir la solicitud del cambio, en función al impacto que este produce.
- Una vez aprobada o rechazada la solicitud de cambio, se comunicarán los resultados al administrador de cambios a fin de actualizar los registros y archivos de control de cambios.

Conclusiones

- El análisis de las teorías relacionadas con modelos en relación a la administración de proyectos permitió obtener una orientación teórico-práctica de las herramientas fundamentales de planificación, ejecución, y control necesarias para la gestión de proyectos tecnológicos en el área de la ingeniería del software.
- Con la planificación de proyectos se persigue proporcionar un marco de trabajo que permita al gerente realizar estimaciones de tiempo, costos y recursos necesarios para acometer las actividades que forman parte del proyecto. En el caso de los proyectos informáticos, la confrontación del juicio de expertos y la revisión del estado del arte demuestran la necesidad de elaborar una definición completa del mismo; determinar el ámbito del software; los recursos financieros, tecnológicos y humanos; y elaborar la calendarización de dichas actividades.
- Dado el alto grado de incertidumbre que caracteriza a los proyectos tecnológicos en general, así como el carácter intangible de cualquier producto de software, se considera importante la gestión de los riesgos durante la ejecución del proyecto. Es indudable que este nivel de incertidumbre asociado a cualquier riesgo guarda relación directa con el grado de conocimiento que se tenga del mismo. Y esta situación afecta tanto al equipo de trabajo como a los potenciales usuarios del sistema y a los clientes de tecnología. En tal sentido, el espectro de la gestión a este nivel es multidimensional, y las acciones de contingencia a emprender deben considerar las consecuencias del riesgo para las diferentes instancias del proyecto.
- Para la ejecución del proyecto, el administrador debe considerar la estructura y organización del equipo de trabajo asignado a las actividades de desarrollo del sistema, en el marco de una estrategia cónsona con las características de los proyectos. En relación, y en línea con el juicio de los expertos, se establece como parte de los hallazgos de esta investigación que los enfoques

de Desarrollo Rápido de Aplicaciones y el modelo de prototipado evolutivo representan las estrategias de construcción de sistemas informáticos de uso más aceptado en el ámbito organizacional de acuerdo con su experiencia profesional. Al hacer la revisión bibliográfica y constatar que aún cuando no son los enfoques de desarrollo de sistemas más actuales en materia de ingeniería del software, ambas metodologías se adaptan a las condiciones y características del tipo y complejidad de los proyectos considerados, por tratarse de sistemas que satisfacen necesidades de información muy puntuales en contextos organizacionales específicos.

- Mediante la administración de la calidad por medio de la evaluación de ciertos atributos de desempeño del sistema, así como la eficiente gestión de los cambios que puedan surgir durante la ejecución del mismo, se pueden establecer los mecanismos de control de proyectos necesarios para garantizar la consecución de los objetivos trazados y el cumplimiento de los costos y plazos.

Referencias Bibliográficas

- Baca, G. (2006). **Formulación y evaluación de proyectos informáticos**. 5ta. Edición. México, México. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Chamoun, Y. (2002). **Administración Profesional de Proyectos. La Guía**. México, México. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Hernández, R. et al. (1998). **Metodología de la Investigación**. 2da. Edición. México, México. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Laudon, K. y Laudon, J. (2002). **Sistemas de información gerencial**. 6ta. Edición. México, México. Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Llorens Fabregas, J. (2005). **Gerencia de proyectos de tecnología de información**. Caracas, Venezuela. Editorial Gráfica Integral.
- Mcconnell, S. (1997). **Desarrollo y gestión de proyectos informáticos**. Madrid, España. Editorial McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U.
- Newell, M. y Grashina, M. (2005). **Preguntas y respuestas sobre la gestión de proyectos**. Barcelona, España. Ediciones Gestión 2000 Planeta DeAgostini Profesional y Formación, S.L.
- O'Brien, J. (2001). **Sistemas de información gerencial**. 4ta. Edición. Bogotá, Colombia. Editorial McGraw-Hill Interamericana, S.A.
- Pressman, R. (2002). **Ingeniería del Software. Un enfoque práctico**. 5ta. Edición. España. Editorial McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U.
- Whitten, J. et al. (2003). **Análisis y diseño de sistemas de información**. 3ra. Edición. México, México. Editorial McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.