

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 6



Procedimiento para la monitorización y el control de la Línea de Productos de Software Aplicativos SIG

**TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO EN
CIENCIAS INFORMÁTICAS**

Autora: Listley Castell Espinosa

Tutor: Ing. Vladimir Martell Fernández

La Habana, mayo de 2012
"Año 54 de la Revolución"



"La magnitud de lo que logramos no depende de lo que tenemos, sino de lo que seamos capaces de hacer."

*A mis padres, por su apoyo incondicional durante todos
estos años de estudio, por su amor y comprensión.*

*A mi hermano, a quien le deseo que pueda realizar
todos sus sueños.*

Quiero agradecer a toda mi familia por su constante apoyo y preocupación, en especial a mis padres por estar siempre a mi lado, por permitirme tomar mis propias decisiones, por guiarme y apoyarme siempre.

Gracias a todos mis amigos que de una forma u otra han estado junto a mí y han compartido conmigo estos años de estudio, especialmente a Yuney por su apoyo incondicional, su comprensión y confianza.

Muchísimas gracias a mi tutor por su guía durante la realización de este trabajo, por estar siempre cuando lo necesitaba, por confiar en mí e imprimirme esa confianza y esa seguridad.

Gracias a todos.

Declaración de autoría

Declaro por este medio que yo, Listley Castell Espinosa con carné de identidad 89061115059, soy la autora de este trabajo y que autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio, así como los derechos patrimoniales con carácter exclusivo.

Para que así conste, firma la presente declaración jurada de autoría en La Habana a los ____ días del mes ____ del año _____.

Listley Castell Espinosa
Autora

Ing. Vladimir Martell Fernández
Tutor

Resumen

Con la evolución de la ciencia y la tecnología, el desarrollo de la Informática se ha incrementado considerablemente. Como resultado de este avance, los proyectos de desarrollo de software se han acrecentado a gran escala y para lograr el éxito de estos es necesario vigilar el correcto desarrollo de las actividades establecidas en el proyecto, así como el seguimiento y control de los recursos humanos y materiales de los que se dispone para el desarrollo del mismo.

En el presente trabajo se propone un procedimiento para llevar a cabo la monitorización y el control en la Línea de Productos de Software Aplicativos SIG de la Universidad de las Ciencias Informáticas. Para ello se analiza cómo se manifiesta la monitorización y el control en los principales estándares, modelos y metodologías de desarrollo de software, así como las características fundamentales de la LPS en cuestión. La validación de la propuesta se realiza a través del método Delphi, obteniendo como resultado un buen nivel de aceptación para la misma.

Palabras clave:

Aplicativos SIG, Control, Línea de Productos de Software, Monitorización
Procedimiento.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN----- 1

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN ----- 7

 1.1. Introducción----- 7

 1.2. Conceptos asociados al dominio del problema ----- 7

 1.2.1. Sistemas de Información Geográfica----- 7

 1.2.2. Productos de software ----- 10

 1.2.3. Línea de Productos de Software----- 11

 1.2.4. Aplicativos SIG ----- 13

 1.2.5. Procedimiento ----- 13

 1.3. Descripción general de la monitorización y el control----- 15

 1.3.1. Definiciones preliminares----- 15

 1.3.2. Importancia de monitorizar y controlar ----- 16

 1.3.3. Principales enfoques de la monitorización y el control ----- 17

 1.3.4. La monitorización y el control en las metodologías de desarrollo de software----- 26

 1.4. Análisis de soluciones existentes----- 28

 1.5. Conclusiones parciales----- 30

CAPÍTULO 2: PROCEDIMIENTO PARA LA MONITORIZACIÓN Y CONTROL----- 31

 2.1. Introducción----- 31

 2.2. La Línea de Productos de Software Aplicativos SIG ----- 31

 2.3. Propuesta de procedimiento para la monitorización y control de la LPS Aplicativos SIG----- 34

 2.3.1. Nombre del procedimiento ----- 34

 2.3.2. Objetivo ----- 34

 2.3.3. Alcance----- 34

 2.3.4. Roles y responsabilidades----- 34

 2.3.5. Fases del procedimiento ----- 35

 2.3.6. Artefactos ----- 39

 2.4. Conclusiones parciales----- 40

CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA ----- 41

 3.1. Introducción----- 41

 3.2. Presentación del método de validación ----- 41

 3.3. Selección de expertos----- 43

 3.4. Elaboración y aplicación de cuestionarios----- 46

3.5. Análisis de resultados	47
3.6. Opiniones de los expertos	48
3.7. Conclusiones parciales	49
CONCLUSIONES GENERALES	50
RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	55
ANEXOS	58
Anexo 1. Cuestionario sobre el funcionamiento de la LPS Aplicativos SIG ----	58
Anexo 2. Entrevista sobre el funcionamiento de la LPS Aplicativos SIG	59
Anexo 3. Reporte de estado	61
Anexo 4. Cuestionario de autovaloración para expertos	62
Anexo 5. Listado de expertos para la validación del procedimiento	64
Anexo 6. Cuestionario 1 para la validación del procedimiento	65
Anexo 7. Cuestionario 2 para la validación del procedimiento	66
GLOSARIO DE TÉRMINOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Roles y responsabilidades. -----	35
Tabla 2: Estados del proyecto. -----	37
Tabla 3: Posibles acciones correctivas. -----	38
Tabla 4: Influencia de las fuentes de argumentación. -----	45
Tabla 5: Clasificación de los expertos. -----	46
Tabla 6: Cálculo del coeficiente de concordancia. -----	47

INTRODUCCIÓN

La brecha digital ha sido comúnmente entendida como la imposibilidad de acceder a las nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), y específicamente, con la no conectividad a Internet, pero, aún garantizando el acceso o intentando que cada día lo consigan mayor cantidad de personas (según diferentes fuentes, América Latina es el continente con mayor crecimiento porcentual), actualmente la gran mayoría de esa población no tiene la formación para saber qué herramientas y servicios, qué criterios y estrategias, son las más efectivas para enseñar y utilizar, y de esa manera, aprovechar todo el potencial de estas tecnologías para su propio bienestar y para el desarrollo equitativo y sostenible (Tirado 2007).

Esta división es probablemente uno de los primeros conceptos con que se inicia la reflexión alrededor del tema del impacto social de las TIC. Desde entonces se percibe que estas tecnologías producen diferencias en las oportunidades de desarrollo de las poblaciones y que se establecerá una distancia entre aquellas que tienen o no tienen acceso a las mismas (Camacho 2006).

Todos los indicadores de disponibilidad, uso y desarrollo de las nuevas tecnologías colocan a los países desarrollados a la cabeza, específicamente la región europea y América del Norte, incluyéndose entre los diez primeros lugares en el ranking de disponibilidad de las nuevas tecnologías lanzado por el Foro Económico Mundial para el año comprendido desde 2008 hasta 2009 (Hernández 2009).

A pesar de esta situación los países subdesarrollados luchan por insertar sus productos en el mercado internacional y hacer que estos sean cada vez más competitivos. Cuba no queda exenta de estos propósitos y basándose sobre todo en sus recursos humanos y optimizando sus recursos materiales y financieros avanza en el desarrollo de software.

Desde la apertura de su primer curso académico en el año 2002 -y hasta la actualidad- la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), ha jugado un rol muy importante, llegando a ser decisivo, en la producción de software nacional y en el desarrollo de la Informática en Cuba de manera general. En palabras del Rector de esta alta Casa de Estudios a propósito de su primera graduación en julio de 2007 “[...] en la actualidad, la UCI tiene numerosos y retadores compromisos productivos nacionales e internacionales, que se concretan en más de 150 proyectos. Entre ellos se destacan

proyectos de informatización de sectores importantes del país, como la Salud Pública, la Educación y la Bioinformática (Morel 2007).

Lo expresado en el Informe Final de la Evaluación Institucional realizada a la UCI en octubre del año 2010 corroboran las palabras del rector: "(...) Las líneas, proyectos y organización de las actividades de Desarrollo e Innovación y en menor medida las de investigación son adecuadas y dan respuesta a las exigencias del desarrollo socioeconómico del país, con contribuciones muy importantes a la industria nacional de Informática y adecuada correspondencia con el nivel internacional" (MES 2010).

El Centro de Desarrollo de Software "Geoinformática y Señales Digitales" (GEySED) es una de las áreas productivas dentro de la Universidad, correspondiente a la facultad 6. Uno de los dos departamentos del mencionado centro lo constituye el departamento de Geoinformática, y dentro de éste, se le presta particular atención al proyecto GeneSIG y a la Línea de Productos de Software (LPS) Aplicativos SIG, por constituir el área de mayores compromisos potenciales de exportación según la XI reunión mixta Cuba-Venezuela (Zaldívar 2008).

Aplicativos SIG fue constituido en diciembre de 2010 como una LPS que basa su actividad productiva en la personalización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) a empresas, instituciones gubernamentales, de servicios, y otras entidades de la sociedad cubana y el extranjero, a partir de la reutilización de componentes, principio fundamental de este modelo de fabricación de software. Es precisamente utilizando la plataforma GeneSIG como base tecnológica que la LPS de referencia realiza sus actividades de producción.

En dicha línea se realizó una encuesta (ver Anexo 1. Cuestionario sobre el funcionamiento de la LPS Aplicativos SIG) a las personas que ocupan los roles involucrados en el proceso de gestión (dirección), con el objetivo de caracterizar el estado de su funcionamiento. Esta arrojó los siguientes resultados:

Sobre el cumplimiento del cronograma: el 90% de los cronogramas de desarrollo de los productos se confeccionan sin la utilización de métodos de estimación de esfuerzo y tiempo para la asignación de tareas y en el caso de estimarse, luego, ni se definen hitos fundamentales de chequeo del avance ni se controla en ninguna medida el cumplimiento de las tareas hasta el momento del cierre.

Sobre el interés de los clientes: una vez pactado el producto con el cliente, no se mantienen vínculos de trabajo con el equipo de desarrollo, propiciando desinterés y

falta de confianza en el resultado final, por otra parte, en muchas ocasiones, a partir de lo anterior, el resultado obtenido, no es lo que se espera o se necesita.

Sobre la utilización de los recursos humanos: una vez asignada una tarea a una o varias personas, no se controlan las afectaciones paralelas que puedan surgir durante su cumplimiento, peor aún, el tiempo establecido inicialmente no varía, generando incumplimientos reiterados.

Sobre el análisis de los criterios de éxito y las causas del fracaso: Todas las encuestas realizadas coinciden en la necesidad de poseer planificaciones reales, ajustadas a la capacidad del equipo de desarrollo, que se controlen en tiempo y se realicen acciones orientadas a resolver las posibles desviaciones que puedan surgir sin forzar ni comprometer la calidad del producto final.

En una entrevista (ver Anexo 2. Entrevista sobre el funcionamiento de la LPS Aplicativos SIG) dirigida al Líder de la LPS y al Jefe del Departamento, los dos coinciden en el punto del bajo control sobre los recursos, el cronograma y la imposibilidad de desarrollar acciones para corregir desviaciones tempranas.

Según la entrevista y las encuestas aplicadas existen deficiencias en el seguimiento y el control en la LPS Aplicativos SIG. Entre ellas se pueden citar la falta de seguimiento o chequeo de los cronogramas de desarrollo, no se controla el cumplimiento de las tareas hasta el momento del cierre, no existe una relación de trabajo sostenida entre el equipo y el cliente a manera de retroalimentación del desarrollo del software, lo que trae como consecuencia que finalmente se obtenga un resultado de poco valor práctico o alejado de las necesidades reales. Otro elemento importante lo constituye la orientación de tareas sin tener en cuenta otras afectaciones y la imposibilidad de cambiar las fechas de cumplimiento.

En diciembre de 2010 se realizó un diagnóstico por áreas, con el objetivo de determinar el nivel de implementación, basado en las prácticas principales, de las áreas de procesos del nivel 2 de CMMI en los proyectos. Precisamente el área de monitorización y control es la que presenta uno de los más bajos resultados porcentuales en la LPS de Aplicativos SIG con relación a las demás áreas de procesos definidas para el nivel 2 de CMMI.

Similares resultados fueron obtenidos en el diagnóstico de Calidad a la Universidad en el año 2008 y 2009. En el año 2008 se revisaron 151 proyectos productivos, el valor más alto en la tabla de registro de No Conformidades (NC) detectadas lo constituyeron

los planes de monitoreo y control con 148 NC (Calidad 2008). En el año 2009, se evaluó la utilización de métricas de productividad, avance, costo y registro de datos como parte del seguimiento y control. Los resultados arrojaron que un número muy bajo de proyectos las utilizaban, solo el 27.2% de los proyectos utilizaron métricas para la productividad, el 35.2 % para el avance, el 8.8 % para el costo y el 28.8 % para el registro de los datos (CaliSoft 2009).

Lo anteriormente planteado corrobora la necesidad de poseer planificaciones reales, ajustadas a la capacidad del equipo de desarrollo, que se controlen en tiempo y se realicen acciones orientadas a resolver las posibles desviaciones que puedan surgir sin forzar ni comprometer la calidad del producto final.

El hecho de realizar un buen control en los proyectos, conduce a una mejor utilización y a un mayor aprovechamiento tanto de los recursos físicos, como de los recursos financieros, incluidos los humanos. Lo anterior indica la importancia que debe tener esta parte de la administración en cualquier tipo de proyecto, por lo cual se debe procurar la implementación de una estructura orientada a mejorar el seguimiento y control, con miras a optimizar recursos y minimizar pérdidas (Almeida, Calimán et al. 2008).

Tomando como base la situación descrita anteriormente se define como **problema a resolver** ¿Cómo identificar desviaciones en el desarrollo de productos de la LPS Aplicativos SIG de tal forma que se implementen las acciones correctivas apropiadas para obtener los resultados esperados en el tiempo y con la calidad requerida?

Para dar solución al problema que se enunció con anterioridad se formula como **objetivo general** de la investigación: Elaborar un procedimiento para la monitorización y el control de la LPS Aplicativos SIG que permita conocer el avance de la producción para desarrollar acciones tempranas y proteger los tiempos fijados en los cronogramas pactados.

Se tiene como **objeto de estudio**: El proceso de monitorización y control en el desarrollo de productos de software, y como **campo de acción** devenido consecuentemente del objeto: La monitorización y control de los productos de software de la LPS Aplicativos SIG.

Se defiende la siguiente **idea**: La definición de un procedimiento para la monitorización y el control de la LPS Aplicativos SIG permitirá identificar desviaciones en el desarrollo

de productos de la LPS Aplicativos SIG y desarrollar las acciones correctivas apropiadas.

Para dar cumplimiento al objetivo propuesto se trazaron las siguientes **tareas de investigación**:

1. Caracterizar el estado actual de los SIG a nivel mundial.
2. Caracterizar el desarrollo de software basado en líneas de productos de software.
3. Caracterizar el proceso de monitorización y control según los principales modelos de producción o mejoras de procesos de software.
4. Caracterizar las posibles soluciones existentes que den respuesta al problema.
5. Desarrollar el procedimiento para la monitorización y el control de la LPS de Aplicativos SIG.
6. Validar la solución según los métodos científicos definidos.

A lo largo del proceso investigativo, se utilizaron una serie de métodos científicos, teóricos y empíricos, los cuales se describen en los párrafos siguientes:

Dentro de los métodos teóricos:

1. Método Histórico-Lógico: Se utilizó para caracterizar el proceso de monitorización y control según los enfoques de desarrollo de software actuales, lo cual constituye el objeto de la investigación, además, para caracterizar los sistemas de información geográfica y el estado del arte de su desarrollo y producción en el mundo actual.
2. Método Analítico-Sintético: Se utilizó para comprender las principales diferencias entre el modelo de producción basado en LPS y el desarrollo de software convencional y para analizar las limitaciones que presentan las soluciones anteriores para resolver este problema u otros similares.

Dentro de los métodos empíricos:

1. Método entrevista: Se utilizó para evaluar el funcionamiento de la LPS y la implementación de algunas buenas prácticas definidas para ella. Dirigida hacia las personas que ocupaban roles de dirección o involucrados en los procesos de monitorización y control, al menos teóricamente.
2. Método encuesta: Se utilizó igualmente para evaluar el funcionamiento de la LPS y la implementación de algunas buenas prácticas definidas para ella. Dirigida hacia las personas que ocupaban roles de desarrollo, a las cuales se le

especifican tareas periódicamente. Se usó, también, para la validación de la solución propuesta y estuvo dirigida, en este caso, a los expertos seleccionados para la actividad.

El presente documento se estructura como se especifica:

Capítulo 1: En este capítulo se tratan los temas del estudio del arte de los SIG a nivel mundial y la caracterización del desarrollo de software basado en LPS. Se realiza además la caracterización del proceso de monitorización y control según los principales modelos de producción o mejoras de procesos de software. Además, se abordan las posibles soluciones existentes que den respuesta al problema de la investigación, así como las principales diferencias en cuanto al desarrollo de software basado en LPS y el desarrollo de software convencional.

Capítulo 2: En este capítulo se presenta la propuesta de solución, el procedimiento para la monitorización y el control de la LPS Aplicativos SIG, se definen todas las acciones metodológicas necesarias y los artefactos de entrada y salida requeridos.

Capítulo 3: En este último capítulo se comprueba que el procedimiento planteado anteriormente asegure el correcto funcionamiento dentro de la línea. Para ello se analiza el criterio de varios expertos en el tema, aplicando el método Delphi y estudiando las principales características del mismo.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

En este capítulo se exponen los principales conceptos asociados al dominio del problema para la comprensión del objeto de estudio y el campo de acción. Específicamente se tratan los temas del estudio del arte de los SIG a nivel mundial y la caracterización del desarrollo de software basado en LPS. Se realiza además la caracterización del proceso de monitorización y control según los principales modelos de producción o mejoras de procesos de software, así como las posibles soluciones existentes que den respuesta al problema de la investigación, y las principales diferencias en cuanto al desarrollo de software basado en LPS y el desarrollo de software convencional.

1.2. Conceptos asociados al dominio del problema

1.2.1. Sistemas de Información Geográfica

Los SIG son sistemas computacionales que permiten consultar de manera interactiva información geográfica digital (latitud, longitud, altitud), facilitando la combinación e integración de múltiples cartografías, manejadas como capas superpuestas de datos digitales que se observan simultáneamente y como características de un mismo espacio, para la generación de información aplicable a proyectos o cuestiones específicas (Reyna 2005).

Un SIG integra hardware, software y datos para capturar, gestionar, analizar y mostrar todas las formas de información geográficamente referenciada, permiten comprender, cuestionar, interpretar y visualizar los datos de múltiples formas que revelan las relaciones, los patrones y tendencias en forma de mapas, globos terráqueos, informes y gráficos (ESRI 2011; gis.com 2011). Esta representación constituye una manera más versátil y fácil de entender, agilizando y fundamentando la toma de decisiones.

Los sistemas de este tipo intentan adelantarse a los sistemas de información tradicionales para pasar a ofrecer un entorno adecuado para la captura, almacenamiento y gestión tanto de información alfanumérica (como hacían los sistemas tradicionales) como de información geográfica (por información geográfica se entiende en este contexto información referente a la localización en el espacio de los objetos sobre los que se quiere almacenar información). El aspecto gráfico adquiere un papel especialmente relevante en estos sistemas, ya que las relaciones entre datos

Capítulo 1: Fundamento teórico de la investigación

geográficos o entre éstos y datos alfanuméricos se pueden hacer mucho más fácilmente identificables para el usuario mediante una adecuada representación gráfica (Brisaboa, Lema et al.).

Gracias a los SIG es posible realizar tres actividades fundamentales: visualizar datos en forma espacial, manejar información georreferenciada para su análisis y modelarla (Reyna 2005).

1. Una vez que se ingresaron los datos y se conformaron las bases respectivas de las capas y atributos, el beneficio primario de un SIG es que permite visualizar esta información, capa por capa, a manera de mapas de presentación. Asimismo, se obtienen notas, imágenes y bases de datos ligadas a los objetos georreferenciados. Los SIG son interactivos por lo que, además de generar imágenes estáticas, permiten consultas directas, movimientos continuos sobre la carta geográfica, cambios de escala, creación de reportes y consultas.
2. En segundo término, un SIG permite manejar información ya sea desplegándola sobre la misma imagen cartográfica para su exploración u ordenando las bases de datos y procesándolas para diversos análisis exploratorios.
3. En tercer término, un SIG permite desarrollar modelos de datos georreferenciados (geográficos, ambientales, estadísticos, sociales o sus combinaciones) de simulaciones, de proyecciones o de corte explicativo, que ayuden a comprender mejor los fenómenos estudiados o de los cuales se deriven aplicaciones específicas.

Los SIG han demostrado un valor empresarial real. Durante los últimos 30 años las empresas, organismos, instituciones académicas, incluso los gobiernos, han implementado estos programas para aprovechar sus beneficios, (ESRI 2011), revolucionando el mundo de la información y convirtiéndose en las herramientas más comunes de miles de usuarios. Surgen en el contexto de "la sociedad de la información" en el que resulta esencial la disponibilidad rápida de información para resolver problemas y contestar preguntas de manera inmediata.

Se trata de sofisticadas herramientas multipropósito con aplicaciones en campos tan diversos y dispares como la planificación urbana, la gestión catastral, la ordenación del territorio, el medio ambiente, la planificación del transporte, el mantenimiento y la gestión de redes públicas, el análisis de mercados, desastres naturales, información poblacional, zonas arqueológicas, epidémicas, turísticas, etc.

Capítulo 1: Fundamento teórico de la investigación

En fin, sirven de apoyo a la toma de decisiones y contribuyen al seguimiento y control de la información socioeconómica de cualquier sector de la sociedad a partir de su representación y análisis espacial (Geoinformática 2011). Esta gran diversidad está dada porque el 80% de la información necesaria para realizar las actividades de cualquier organización está relacionada con la geografía ya que más de las tres cuartas partes de las actividades realizadas por el hombre pueden ser referenciadas a través de coordenadas geográficas. Si se acepta esta máxima, se puede deducir la importancia que tiene el software, capaz de gestionar y analizar la información espacial y los datos geográficos (Garrido 2003).

El punto de partida de los SIG en América Latina fue la I Conferencia Latinoamericana de Informática en Geografía, entre el 7 y el 9 de julio de 1987, en San José de Costa Rica, donde muchos profesionales académicos de la región tomaron contacto inicial con las tecnologías digitales de automatización geográfica. El evento fue auspiciado por la Unión Geográfica Internacional (UGI) y las universidades de los países centrales participantes propiciaron la primera transferencia tecnológica a los países de América Latina.

Actualmente se ha expandido el uso de estos sistemas de manera creciente, su estudio y desarrollo ha permitido que se encuentren en variados organismos e instituciones como pilares fundamentales para el trabajo diario y la toma de decisiones. Tal es la importancia y el interés que estos sistemas han generado que se crea en 1991 la Sociedad Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (SIBSIG) la que se encarga de organizar la Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (CONFIBSIG), que constituye la reunión científico-tecnológica de mayor alcance de la especialidad en América Latina y se desarrolla con un espacio de 2 años desde la fecha (Buzai and Robinson 2010).

Los usuarios de los SIG en Cuba son en su mayoría geólogos, cartógrafos, geógrafos, arquitectos, ingenieros y gestores a diferentes niveles, que conocen, aplican y operan SIG en sus investigaciones y proyectos. Pese a las limitaciones de toda índole, el desarrollo de los especialistas cubanos en el campo de los SIG no se ha detenido, por el contrario, Cuba ha sido pionera en el desarrollo de estos sistemas siendo el único país del tercer mundo en la región que ha logrado desarrollar SIG propios, implementados y puestos en marcha por especialistas y para especialistas cubanos (Celada, Roffe et al. 2006). En este sentido la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) ha jugado un papel fundamental en el transcurso de los últimos años.

1.2.2. Productos de software

Un producto, en sentido general, puede entenderse como: "un artículo, servicio o idea que consiste en un conjunto de atributos tangibles o intangibles que satisface a los consumidores y es recibido a cambio de dinero u otra unidad de valor" (Roger, Steven et al. 2009).

En cuanto al concepto de software, el estándar 729 del IEEE plantea que: "es el conjunto de los programas de cómputo, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados que forman parte de las operaciones de un sistema de computación".

El software de computadora es el producto que diseñan y construyen los ingenieros de software y que después pueden mantener por cierto tiempo. Esta definición abarca programas que se ejecutan dentro de la computadora, de cualquier tamaño y arquitectura, documentos y datos.

El producto de software obtenido sería entonces el conjunto de programas, documentos y datos que constituyen el software, en este caso desde el punto de vista de un ingeniero. Desde el punto de vista de los usuarios el producto de software es la información resultante que les hace, de algún modo, el mundo mejor (Pressman 2009).

Partiendo de las definiciones anteriores se entiende como productos de software al conjunto de programas, procedimientos, documentación y datos asociados que satisfacen las necesidades y expectativas de los consumidores.

El significado del término "producto" es ampliado en este caso para incluir cualquier artefacto que sea la salida de los procesos empleados para el desarrollo del software final. Como ejemplos de un producto cabe incluir, aunque no con carácter limitativo, una completa especificación del sistema, una especificación de requerimientos de software para un componente de software de un sistema, un módulo de diseño, código, documentación de prueba, o los informes producidos como consecuencia de tareas de análisis de calidad.

Según lo escrito por (Sommerville 1995) los software que se venden a los clientes se dividen en: productos genéricos, que son aquellos que son producidos por una organización para ser vendidos al mercado, y productos hechos a la medida, que son los sistemas que se desarrollan bajo pedidos específicos. De esta manera la mayor

parte del gasto del software es en productos genéricos, pero cabe destacar que hay más esfuerzo en el desarrollo de los sistemas hechos a medida.

Los productos de software presentan también características específicas según (Sommerville 1995), las mismas se muestran a continuación.

Características de los Productos de Software

- *Mantenibles*: Debe ser posible que el software evolucione y que siga cumpliendo con sus especificaciones.
- *Confiabilidad*: El software no debe causar daños físicos o económicos en el caso de fallos.
- *Eficiencia*: El software no debe desperdiciar los recursos del sistema.
- *Utilización adecuada*: El software debe contar con una interfaz de usuario adecuada y su respectiva documentación.

1.2.3. Línea de Productos de Software

Las LPS surgen de la necesidad de obtener sistemas de software complejos, de calidad, costo-efectivos y que se encuentren en el mercado en el momento adecuado (Hernández, Octavio et al. 2008). Existen muchas definiciones para esta terminología, a continuación se expondrán algunas de ellas.

Una LPS es un conjunto de sistemas de software que comparten un grupo de características comunes, que satisfacen las necesidades específicas de un segmento del mercado y que se desarrollan utilizando un conjunto de artefactos centrales de una manera preestablecida. Más que una tecnología nueva, es una nueva forma de hacer negocios (Institute 2011).

Las mismas proporcionan un enfoque sistemático para la creación de una diversidad de productos similares a bajo costo, en poco tiempo y con alta calidad. Se puede decir que constituyen un portafolio de productos de software similares, dirigidos a un dominio en particular. Generalmente usan un modelo de características que expresan los requerimientos teniendo en cuenta la variabilidad de los mismos y proporcionan una vía para el desarrollo de productos particulares a partir de los activos reutilizables (Perovich, Rossel et al. 2009).

Capítulo 1: Fundamento teórico de la investigación

Como artefactos activos esenciales se deben entender a aquellos artefactos y recursos reutilizables, generados durante el desarrollo del software, que forman la base de la LPS. A partir de los activos esenciales se pueden derivar diferentes productos de software que responderán a requerimientos variables (Hernández, Octavio et al. 2008).

Según (Benítez, Alegre et al. 2011) una LPS es un conjunto de sistemas de software de un entorno de negocios determinado, que tienen funcionalidades en común. El desarrollo basado en líneas de productos busca aprovechar esta parte común para desarrollar de forma eficiente y sistemática nuevos miembros de la familia de productos.

Las LPS se están convirtiendo en un paradigma de desarrollo viable e importante que permite a las empresas realizar mejoras en el tiempo de comercialización. También pueden permitir la entrada rápida en el mercado, una respuesta flexible, proporcionar una capacidad de personalización en masa y ayudar a las organizaciones a superar los problemas causados por la escasez de recursos. Organizaciones de todo tipo y tamaño han descubierto que una estrategia de línea de productos, cuando es hábilmente implementada, puede producir beneficios y proporcionar a las organizaciones una ventaja competitiva. Ejemplo de beneficios para la organización son (Institute 2011):

- Mejora de la productividad hasta 10 veces.
- Aumento de la calidad hasta 10 veces.
- Disminución de los costos hasta en un 60%.
- Disminución de las necesidades de mano de obra hasta en un 87%.
- Disminución de tiempo en el mercado (para poner en marcha) hasta en un 98%.
- Capacidad de introducirse en nuevos mercados en meses, no años.

En resumen, se considera que una LPS opera como una fábrica común, generando los sistemas a partir de la reutilización de los activos que han sido desarrollados con anterioridad y que forman la base de la línea. Muchos de estos activos son comunes para los sistemas de software desarrollados dando como resultado que todos los productos de la LPS sean similares.

1.2.4. Aplicativos SIG

La Universidad de las Ciencias Informáticas se ha sumado al uso e implementación de SIG. Ejemplo de ello lo constituye la plataforma GeneSIG para la creación de este tipo de sistemas. Sobre esta base el proyecto Aplicativos SIG tiene el objetivo de desarrollar SIG, proyectándose de tal forma que su propósito de existencia o su forma de funcionar sea semejante a una LPS. El propósito es que la misma funcione como una fábrica común, que reúna a las partes y configure lo diseñado para ser reutilizado en los productos que varían en la línea.

“Para que la misma pudiera cumplir con todos los requerimientos esperados, se decidió estructurarla en cuatro factorías: Factoría de Integración y Componentes, Factoría de Interfaz de Usuario, Factoría de Base de Datos Espaciales, Factoría de Ingeniería; y un Equipo de Gestión de Proyectos, el cual funciona como las “piernas” que sostienen la línea, de manera que soporta todo el peso que pueda desvirtuar a los demás desarrolladores” (Vázquez 2011).

Esta área tiene como objetivo desarrollar productos y soluciones informáticas que sirvan de apoyo a la toma de decisiones y contribuyan al seguimiento y control de la información socioeconómica de cualquier sector de la sociedad a partir de su representación y análisis espacial.

Para el desarrollo de los aplicativos se utiliza la metodología RUP (Rational Unified Process o Proceso Unificado de Desarrollo). Un aspecto relevante al aplicar dicha metodología en la línea es que no se tiene en cuenta el modelo de análisis, pasando directamente al modelo de diseño para definir subsistemas, clases e interfaces.

La decisión anterior se basa en uno de los principios de RUP que define que la metodología se debe ajustar al tamaño del proceso y a las necesidades del proyecto. Además, los requisitos, las tecnologías y los componentes reutilizables con los que se cuenta para el desarrollo de los aplicativos en la línea son bien conocidos por el equipo y comunes para la mayoría de los productos de software desarrollados.

1.2.5. Procedimiento

Según lo planteado por (Pressman 2001) cuando se habla de procedimientos se refieren a *“los pasos que definen el empleo específico de cada elemento del sistema o el contexto procedimental en que reside el sistema”*.

Capítulo 1: Fundamento teórico de la investigación

El procedimiento de software se centra en el procesamiento de cada módulo del sistema individualmente y debe proporcionar una especificación precisa de procesamiento, incluyendo la secuencia de sucesos, los puntos de decisión exactos, las operaciones repetitivas e incluso la estructura y organización de los datos. En resumen, proporciona el detalle necesario para la implementación de los algoritmos (Pressman 2001).

En el trabajo realizado por (Benítez, Alegre et al. 2011) se presentan varias definiciones para un procedimiento. Primeramente se plantea que un procedimiento se reconoce como un conjunto de pasos o actividades que se realizan para obtener un resultado deseado. Es la forma específica de acometer una actividad y generalmente contiene el objeto y campo de aplicación de la misma especificando qué debe hacerse y quién debe hacerlo; cuándo, dónde y cómo se debe llevar a cabo; qué aseguramientos deben utilizarse y cómo debe controlarse y registrarse. También lo definen como la secuencia de acciones concatenadas entre sí, que ordenadas en forma lógica permiten cumplir un fin u objetivo predeterminado; o una serie común de pasos definidos, que permiten realizar un trabajo de forma correcta.

En resumen, el término procedimiento es usado para hacer referencia a todo aquel sistema de operaciones que implique contar con un número, más o menos ordenado, de pasos, de manera que se sepa de qué forma proceder o actuar. Para lograrlo, todo procedimiento involucra actividades y tareas del personal, determinación de tiempos, de métodos de trabajo y de control.

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada y a partir del análisis de varios procedimientos tomados de ejemplo, la autora de la investigación considera que para la elaboración de un procedimiento se debe seguir una estructura o tener en cuenta una serie de aspectos, dentro de los cuales los más significativos son los siguientes:

- Nombre del procedimiento.
- Objetivo: indica de forma breve el propósito del procedimiento.
- Alcance: describe a qué es aplicable el procedimiento y las áreas o departamentos involucrados en la ejecución del mismo.
- Roles y responsabilidades: indica los puestos que tienen la autoridad y responsabilidad para la toma de decisiones en el procedimiento.

- Fases del procedimiento: indicar las acciones precisas y ordenadas para el desarrollo del procedimiento, señalando responsables de cada fase y la duración de las acciones.
- Artefactos: expone cualquier tipo de información creada, producida, cambiada o utilizada por los trabajadores en el desarrollo del sistema.

1.3. Descripción general de la monitorización y el control

1.3.1. Definiciones preliminares

El término monitorización se entiende como la lectura regular de datos reales que se comparan contra un plan o un parámetro, y en el caso del control, consiste en realizar las acciones necesarias para que la realidad y el plan o parámetro se empaten nuevamente (Botti 2007).

Según lo planteado por (Almeida, Calimán et al. 2008) la monitorización tiene como propósito permitir el seguimiento del proyecto y la introducción de las correcciones que resultarán de la experiencia adquirida a lo largo del mismo. Con respecto al control, se define como una actividad trivial, que forma parte de la vida cotidiana del ser humano, consciente o inconscientemente. El control es una función que se realiza mediante parámetros que han sido establecidos anteriormente y se proyecta sobre la base de previsiones del futuro siendo lo suficientemente flexible como para permitir adaptaciones y ajustes que se originen en discrepancias entre el resultado previsto y el real.

La monitorización y el control de un proyecto, en general, consisten en un conjunto de actividades de gestión que permiten verificar si el proyecto va marchando según lo planificado. Estas actividades deben desarrollarse de forma regular y a partir de una secuencia determinada de acciones. A continuación se describen este conjunto de actividades que constituyen el proceso de control según los autores (Almeida, Calimán et al. 2008):

1. Definición de los parámetros de control

Los parámetros son los elementos que permiten determinar si las acciones conducen a la situación deseada. La definición de los parámetros debe prever un margen de normalidad. La fijación de esos parámetros representa un problema crucial para el buen funcionamiento del sistema de control y, por ende, del objetivo deseado, pues la

definición de objetivos y metas irreales puede orientar el comportamiento del receptor en una dirección que contraríe completamente los deseos de la administración.

2. Medición de los resultados

Todo sistema de control debe poseer medios para verificar el resultado de cada actividad. Esta verificación puede presentarse bajo una forma cuantitativa o, cuando no es posible la verificación cuantitativa directa, se procura efectuarla de modo subjetivo. Sin embargo, como esa modalidad está sujeta a deformaciones introducidas por quien hace la verificación, su valor es relativo.

3. Evaluación de los errores

La evaluación consiste en la comparación entre los resultados que se pretendía obtener y aquellos que efectivamente se obtuvieron. Este proceso se hace necesario para determinar la magnitud de la diferencia comprobada y sus repercusiones sobre el proceso de ejecución del plan.

4. Definición de las correcciones

Una vez verificado un error y evaluada su gravedad, se hace necesario analizar las posibles soluciones existentes y seleccionar aquella que parezca más adecuada.

5. Ejecución de las correcciones

Por último las soluciones encontradas deben ser llevadas a la práctica.

Luego de lo anterior, se considera que la monitorización y el control de un proyecto consisten en el seguimiento o supervisión de las actividades que se realizan en él, recopilando datos y evaluando el desempeño real del mismo para compararlo con la planificación inicial, con el objetivo de lograr un correcto funcionamiento durante todo el ciclo de vida del producto, propiciando que se realicen las acciones correctivas necesarias en caso de desviaciones en el mismo.

1.3.2. Importancia de monitorizar y controlar

Con la evolución de la ciencia y las tecnologías, el desarrollo de la Informática se ha incrementado considerablemente. Como resultado de este avance, los proyectos de desarrollo de software se han acrecentado a gran escala y para lograr el éxito de

Capítulo 1: Fundamento teórico de la investigación

estos, con la calidad requerida por los clientes, es necesario vigilar el correcto desarrollo de las actividades y tareas establecidas en el proyecto, así como el seguimiento y control de los recursos humanos y materiales de los que se dispone para el desarrollo del mismo.

La monitorización y el control es una necesidad de cada proyecto para lograr resultados exitosos pues permite medir la verdadera situación del proyecto, y por consiguiente, el avance real del mismo. Esta supervisión continua le proporciona al equipo de dirección del proyecto una idea acerca del estado del mismo, además de la posibilidad de identificar cualquier área que necesite más atención (PMI 2004).

También, se puede comprobar la gestión del alcance, del tiempo y del costo, o sea, que el alcance del proyecto se haya establecido correctamente, se examina la programación del proyecto, se revisa la línea base y se controla que se hayan estimado bien los recursos. Como consecuencia de este control será posible conocer en todo momento qué problemas se producen, a fin de resolverlos o aminorarlos de manera inmediata.

De forma muy resumida pudiera enunciarse que la monitorización y el control muestran cuándo y dónde existieron o existen desviaciones en el plan y, por otra parte, propician la puesta en marcha de las acciones correctivas para que el proyecto retorne a su camino normal.

1.3.3. Principales enfoques de la monitorización y el control

PMBOK

El PMBOK (Project Management Body of Knowledge) es un estándar emitido por el Project Management Institute (PMI) que establece un cuerpo de conocimientos e integra las mejores prácticas reconocidas a nivel internacional para la administración profesional de proyectos. Según la guía del PMBOK, un equipo de proyectos funciona en 9 áreas del conocimiento con 5 grupos de procesos básicos. Estos últimos son considerados como estados en los que un proyecto puede estar desde el comienzo hasta el término del mismo, es decir, que transita por algunas o por todas las áreas del conocimiento.

El Grupo de Procesos de Seguimiento y Control es uno de los 5 procesos básicos mencionados anteriormente. El mismo se compone de las actividades realizadas para

Capítulo 1: Fundamento teórico de la investigación

observar la ejecución del proyecto de forma que se puedan identificar los posibles problemas oportunamente y adoptar las acciones correctivas, cuando sea necesario, para controlar la ejecución del proyecto.

El beneficio clave de este Grupo de Procesos consiste en que el rendimiento del proyecto se observa y se mide regularmente para identificar las variaciones respecto al plan de gestión del proyecto, comparando las actividades realizadas con la línea base. Incluye, además, controlar los cambios y recomendar acciones preventivas como anticipación de posibles problemas e influye sobre los factores que podrían eludir el control integrado de cambios de tal forma que solamente se implementen los cambios aprobados.

El Grupo de Procesos de Seguimiento y Control incluye los siguientes procesos de dirección de proyectos (PMI 2004):

1. Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto

Proceso necesario para recoger, medir y difundir información sobre el rendimiento, y para evaluar las mediciones y tendencias para mejorar el proceso. Incluye el seguimiento de riesgos para asegurar que se identifiquen los riesgos de forma temprana, que se informe de su estado y que se ejecuten los planes de riesgos apropiados. El seguimiento incluye informes de estado, medición del avance y previsiones.

2. Control Integrado de Cambios

Proceso necesario para controlar los factores que producen cambios, a fin de asegurarse que esos cambios sean beneficiosos. Este proceso se realiza a lo largo de todo el proyecto, desde su inicio hasta su cierre.

3. Verificación del Alcance

Proceso necesario para formalizar la aceptación de los productos entregables terminados del proyecto.

4. Control del Alcance

Proceso necesario para controlar los cambios en el alcance del proyecto.

5. Control del Cronograma

Proceso necesario para controlar los cambios en el cronograma del proyecto.

6. Control de Costes

Proceso que influye sobre los factores que crean variaciones y controla los cambios en el presupuesto del proyecto.

7. Realizar Control de Calidad

Proceso necesario para supervisar los resultados específicos del proyecto, para determinar si cumplen con los estándares de calidad relevantes e identificar modos de eliminar las causas de un rendimiento insatisfactorio.

8. Gestionar el Equipo del Proyecto

Proceso necesario para hacer un seguimiento del desempeño de los miembros del equipo, proporcionar retroalimentación, resolver problemas y coordinar cambios para mejorar el rendimiento del proyecto.

9. Informar el Rendimiento

Proceso necesario para recoger y distribuir información sobre el rendimiento. Esto incluye informes de situación, medición del avance y previsiones.

10. Gestionar a los Interesados

Proceso necesario para gestionar las comunicaciones a fin de satisfacer los requisitos de los interesados en el proyecto y resolver problemas con ellos.

11. Seguimiento y Control de Riesgos

Proceso necesario para realizar el seguimiento de los riesgos identificados, supervisar los riesgos residuales, identificar nuevos riesgos, ejecutar planes de respuesta para los mismos y evaluar su efectividad durante todo el ciclo de vida del proyecto.

12. Administración del Contrato

Proceso necesario para gestionar el contrato y la relación entre el comprador y el vendedor, revisar y documentar cuál es o fue el rendimiento de un vendedor y, cuando corresponda, gestionar la relación contractual con el comprador externo del proyecto.

CMMI

CMMI (Capability Maturity Model Integration) es un modelo de madurez de mejora de los procesos para el desarrollo de productos y de servicios. Consiste en las mejores prácticas que tratan las actividades de desarrollo y de mantenimiento que cubren el ciclo de vida del producto, desde la concepción hasta la entrega del mismo. Cuenta con 22 áreas de procesos que se agrupan en 4 categorías y soporta 2 caminos de mejora que están asociados con los 2 tipos de niveles: nivel de capacidad, correspondiente a la representación continua, y el nivel de madurez correspondiente a la representación por etapas. Existen 6 niveles de capacidad, numerados de 0 a 5 y 5 niveles de madurez, numerados de 1 a 5.

La Monitorización y Control de Proyectos (PMC) es una de las áreas de procesos de CMMI, correspondiente a la categoría de Gestión de proyectos en el nivel 2 de madurez. Incluye las actividades de monitorización, proporcionando una comprensión del progreso del proyecto, que se determina principalmente comparando los atributos de los productos de trabajo y de las tareas, el esfuerzo, el coste y el calendario reales, con el plan en los hitos o niveles de control prescritos dentro del calendario del proyecto. Incluye, además, la toma de acciones correctivas apropiadas, cuando el rendimiento del proyecto se desvíe significativamente¹ del plan. Estas acciones pueden incluir la replanificación.

Los componentes del modelo se agrupan en tres categorías: requerido, esperado e informativo. Los componentes requeridos describen lo que una organización debe realizar para satisfacer un área de proceso y se corresponden con las metas específicas y los objetivos genéricos. En el caso de los componentes esperados, describen lo que una organización puede implementar para lograr un componente requerido y se corresponden con las prácticas específicas y las prácticas genéricas.

Por último los componentes informativos proporcionan detalles que ayudan a las organizaciones a comenzar a pensar en cómo aproximarse a los componentes requeridos y esperados, incluye las sub-prácticas, los productos de trabajo típicos, las

¹ Una desviación es significativa si, cuando se deja sin resolver, impide al proyecto cumplir sus objetivos.

Capítulo 1: Fundamento teórico de la investigación

ampliaciones, las elaboraciones de las prácticas genéricas, los títulos de metas y prácticas, las notas de metas y prácticas, y las referencias. A continuación se enuncian todas las metas y prácticas, específicas y genéricas, correspondientes con el área de procesos en cuestión (Chrissis, Konrad et al. 2006):

PMC consta de 10 prácticas específicas agrupadas a través de 2 metas específicas (SG1 y SG2):

SG 1 Monitorizar el proyecto frente al plan.

SP 1.1 Monitorizar los parámetros de planificación del proyecto.

SP 1.2 Monitorizar los compromisos.

SP 1.3 Monitorizar los riesgos del proyecto.

SP 1.4 Monitorizar la gestión de datos.

SP 1.5 Monitorizar la involucración de las partes interesadas.

SP 1.6 Llevar a cabo revisiones de progreso.

SP 1.7 Llevar a cabo revisiones de hitos.

SG 2 Gestionar las acciones correctivas hasta su cierre.

SP 2.1 Analizar problemas.

SP 2.2 Llevar a cabo las acciones correctivas.

SP 2.3 Gestionar las acciones correctivas.

Prácticas genéricas por meta

GG 1 Lograr las metas específicas (Solo para la representación continua).

GP 1.1 Realizar las prácticas específicas.

GG 2 Institucionalizar un proceso gestionado.

GP 2.1 Establecer una política de la organización.

Capítulo 1: Fundamento teórico de la investigación

GP 2.2 Planificar el proceso.

GP 2.3 Proporcionar recursos.

GP 2.4 Asignar responsabilidad.

GP 2.5 Formar al personal.

GP 2.6 Gestionar configuraciones.

GP 2.7 Identificar e involucrar a las partes interesadas relevantes.

GP 2.8 Monitorizar y controlar el proceso.

GP 2.9 Evaluar objetivamente la adherencia.

GP 2.10 Revisar el estado con el nivel directivo.

GG 3 Institucionalizar un proceso definido (Solo para representación continua y para las calificaciones de nivel de madurez 3 y superiores).

GP 3.1 Establecer un proceso definido.

GP 3.2 Recoger información de mejora.

GG 4 Institucionalizar un proceso gestionado cuantitativamente (Solo para la representación continua).

GP 4.1 Establecer objetivos cuantitativos para el proceso.

GP 4.2 Estabilizar el rendimiento del subproceso.

GG 5 Institucionalizar un proceso en optimización (Solo para la representación continua).

GP 5.1 Asegurar la mejora continua del proceso.

GP 5.2 Corregir las causas raíz de los problemas.

ISO

ISO (International Organization for Standardization) es el mayor desarrollador y editor mundial de normas internacionales. La organización está integrada por una red de institutos de estándares nacionales de 163 países, con una Secretaría Central en Ginebra, Suiza, que coordina el sistema. La ISO ha elaborado más de 19 000 normas internacionales de una gran variedad de temas y más de 1000 nuevas normas se publican cada año.

El conjunto de normas que se refieren a la gestión de calidad se corresponden con la familia de normas ISO 9000. Estas presentan un enfoque orientado a la gestión por procesos y a la satisfacción del cliente. Una de las normas de la familia es ISO 9001:2008 que especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad. Las otras normas en la familia cubren los aspectos específicos, tales como los fundamentos y el vocabulario, mejoras de rendimiento, documentación, formación, y los aspectos financieros y económicos.

Los requisitos de la ISO 9001:2008 son genéricos y pueden ser aplicables a todas las organizaciones, independientemente del tipo, tamaño o producto a desarrollar. Esta es la única norma en la familia contra la cual las organizaciones pueden ser certificadas, aunque la certificación no es un requisito obligatorio. La norma establece cuáles son los requisitos que el sistema de calidad debe cumplir, pero no dicta cómo deben ser atendidos en cualquier organización. Lo cual deja un amplio margen y flexibilidad para su aplicación en diferentes sectores (ISO 2011).

Dicha norma está organizada en 8 secciones que contienen los requisitos para el sistema de gestión de la calidad. La sección 8 se corresponde con el grupo de procesos de Medición, Análisis y Mejora, el cual tiene como objetivo mejorar continuamente la capacidad de la organización para suministrar productos o servicios que cumplan con los requisitos, lo que se traduce en lograr la satisfacción del cliente. La sección está integrada por un grupo de procesos que se explican a continuación (Hsiao and Weber 2011):

1. Datos generales

La organización debe planificar e implementar los procesos de seguimiento, medición, análisis y mejora necesarios. Esto debe comprender la determinación de los métodos aplicables, técnicas estadísticas y el alcance de su utilización. La organización tiene la

Capítulo 1: Fundamento teórico de la investigación

oportunidad de definir este sistema para suministrar información útil que permita realizar una mejora continua.

2. Monitorización y medición

2.1. Satisfacción del cliente

La organización debe preparar una planificación que determine qué fuentes de información tiene, qué fuentes de información necesita y qué se hace con la información que se obtiene de los clientes para saber en qué medida estos piensan que sus requisitos son satisfechos pudiendo mejorar así la satisfacción del cliente. Esta retroalimentación puede ser a través de informes, quejas, análisis o cantidad de retornos de clientes.

2.2. Verificaciones de inspección internas

La organización debe llevar a cabo auditorías internas a intervalos planificados tomando en consideración el estado y la importancia de los procesos y las áreas a auditar, así como los resultados de auditorías previas. Los criterios, el ámbito, la frecuencia y los métodos de la verificación también deberán planificarse. Los revisores deberán conducir las verificaciones de manera objetiva e imparcial y no deberán someter a verificaciones su propio trabajo. La dirección responsable del área que esté siendo auditada debe asegurarse de que se realicen las correcciones y se tomen acciones correctivas para eliminar las no conformidades detectadas y sus causas.

2.3. Monitorización y Medición de los Procesos

La organización debe aplicar métodos apropiados para el seguimiento y la medición de los procesos del sistema de gestión de la calidad. Estos métodos deberán demostrar la capacidad de los procesos para obtener los resultados previstos y, si éste no es el caso, deberán demostrar que se han emprendido acciones correctivas para asegurar la conformidad.

2.4. Monitorización y Medición del Producto

La organización debe hacer un seguimiento y medir las características del producto para verificar que se cumplen los requisitos del mismo. Esto debe realizarse en las etapas apropiadas del proceso de desarrollo del producto de acuerdo con la

Capítulo 1: Fundamento teórico de la investigación

planificación. Se debe mantener evidencia de la conformidad con los criterios de aceptación.

3. Control de los Productos no Conformes

La organización debe asegurarse de que cada producto no conforme a los requisitos sea identificado y controlado para impedir la entrega y el uso inadecuado. También debe disponer de un proceso para evaluar los efectos del producto no conforme si se identifica después de la entrega y para emprender las acciones pertinentes al verificarse esta situación. Cuando se corrige un producto no conforme debe someterse a una nueva verificación para demostrar su conformidad con los requisitos.

4. Análisis de los Datos

La organización debe reunir datos adecuados para demostrar la eficacia del sistema de calidad y evaluar la posibilidad de efectuar una mejora constante. Los datos incluyen información relacionada con la satisfacción del cliente, la conformidad a los requisitos del cliente, las características y tendencias de los procesos, los productos y los proveedores. El análisis de la información se utiliza como datos preliminares en el proceso de revisión de la dirección. Esta debe tomar decisiones y asignar acciones sobre la base de tal información.

5. Mejora

5.1. Mejora continua

La organización debe mejorar constantemente la eficacia del sistema de calidad aplicando la política y los objetivos de calidad, los resultados de la revisión, el análisis de datos, las acciones correctivas y preventivas y la revisión de la dirección. Los datos de un proceso deben analizarse y convertirse en datos preliminares para otro proceso que a su vez dará lugar a una acción para corregir o mejorar el sistema.

5.2. Acción Correctiva

La empresa debe eliminar la causa de las no conformidades para impedir que el problema se repita y deben registrarse los resultados de la acción emprendida.

5.3. Acción Preventiva

La organización deberá determinar las acciones adecuadas para eliminar las potenciales no conformidades e impedir que se verifiquen.

En resumen, los modelos y estándares enunciados anteriormente proponen mecanismos diversos para la monitorización y el control de proyectos de software. En todos ellos se tienen en cuenta el seguimiento y control de factores claves en el desarrollo de software tales como: la calidad del producto final y la realización de acciones correctivas para mitigar los problemas que afectan el correcto funcionamiento del proyecto. En el caso de PMBOK, a pesar de no referirse directamente a las acciones correctivas, se tiene en cuenta la retroalimentación generada a partir de la gestión del equipo de proyecto para darle solución a los problemas presentados y coordinar los cambios necesarios para mejorar el rendimiento.

1.3.4. La monitorización y el control en las metodologías de desarrollo de software

Las metodologías tradicionales de desarrollo de software han demostrado ser efectivas y necesarias en proyectos de gran tamaño, respecto a tiempo y recursos, donde por lo general se exige un alto grado de ceremonia en el proceso por ser este mucho más controlado, con numerosas políticas y normas. Este enfoque pesado lleva asociado un marcado énfasis en el control del proceso mediante una rigurosa definición de roles, actividades y artefactos, incluyendo modelado y documentación detallada (Canós, Letelier et al.). A pesar de no contar con un proceso definido para la monitorización o seguimiento del proyecto se realiza un control del mismo a través de diferentes técnicas que son definidas para cada metodología.

RUP (Rational Unified Process) es una de las metodologías más representativas de este tipo. En ella se realizan evaluaciones periódicas durante el ciclo de vida del proyecto, generalmente al terminar cada una de las fases, las cuales son documentadas en el Reporte de Evaluación de Estado. Este reporte se genera para valorar el rendimiento planificado comparado con el actual y hace un seguimiento a la información correspondiente a los recursos (humanos y financieros), mayores riesgos, progreso técnico medido a través de métricas y resultados de hitos principales. Este informe es responsabilidad del Director del proyecto quien recopilará métricas para elaborarlo, como parte de la rutina de monitorización y control del proyecto.

Capítulo 1: Fundamento teórico de la investigación

Además de esto el control iterativo del proceso, asegura que las partes interesadas obtengan una visión del avance del proyecto y planteen cualquier cambio que pueda ser necesario. Los cambios propuestos se revisan en un Change Control Board (CCB) o Comité de Control de Cambios para asegurar que son realistas y pueden ser adecuados al calendario general del proyecto (Narro 2003).

Sin embargo, este enfoque tradicional no resulta ser el más adecuado para muchos de los proyectos actuales donde el entorno del sistema es muy cambiante, y en donde se exige reducir drásticamente los tiempos de desarrollo pero manteniendo una alta calidad. En este escenario, las metodologías ágiles emergen como una posible respuesta por estar especialmente orientadas para proyectos pequeños, aportando una elevada simplificación que a pesar de ello no renuncia a las prácticas esenciales para asegurar la calidad del producto.

Una de las características de dichas metodologías se basa en responder a los cambios que puedan surgir a lo largo del proyecto más que seguir estrictamente un plan. Esto determina también el éxito o fracaso del proyecto, por lo tanto, la planificación no debe ser estricta sino flexible y abierta. A pesar de tener un proceso menos controlado y con pocos principios, en estas metodologías también se tiene en cuenta el seguimiento y control en el desarrollo del producto.

Generalmente este tipo de metodologías presenta un control sutil, estableciendo puntos de control para realizar un seguimiento adecuado sin limitar la libertad y creatividad del equipo (Canós, Letelier et al.). Si bien las metodologías ágiles, no proponen explícitamente, ningún proceso destinado a monitorizar y controlar, exponen todo el tiempo el avance del proyecto.

Las metodologías ágiles, y en particular Scrum, hacen especial énfasis en el seguimiento diario del proyecto. En XP (Extreme Programming) se propone la Stand Up Meeting y su equivalente en Scrum es la Daily Meeting. Ambas son reuniones diarias, de corta duración, y en las que todo el equipo comenta respecto al estado de sus tareas y revisan el progreso para verificar que no ocurran desviaciones en el plan de la iteración. Se comentan las tareas efectuadas el día anterior, las que se llevarán a cabo en el día y todos aquellos impedimentos que puedan haber surgido eventualmente, encargándose de solucionarlos.

En Scrum el seguimiento de la iteración, llamado Sprint Backlog, se suele apoyar en dos artefactos: un tablero físico y las gráficas Burndown y Burnup. El tablero se debe

encontrar físicamente ubicado en la sala de desarrollo, de forma fija en una pared o pizarra. Este se divide en columnas que permiten conocer la etapa en la que se encuentran, e incluso, permiten identificar de solo un vistazo, cuellos de botella que pueden ser tratados con suma facilidad.

La Gráfica Burndown es una representación gráfica del trabajo por hacer en un proyecto en el tiempo. Permite visualizar la evolución y tendencia del esfuerzo restante para terminar el trabajo comprometido en una iteración, convirtiéndose en el artefacto protagonista en cuanto al seguimiento del proyecto (Marante, Company et al. 2011).

Otro ejemplo de la realización del seguimiento lo constituye uno de los roles con que cuenta XP. El encargado de seguimiento es el rol que proporciona retroalimentación al equipo, verifica el grado de acierto entre las estimaciones realizadas y el tiempo real dedicado, para mejorar futuras estimaciones y realiza el seguimiento del progreso de cada iteración (Canós, Letelier et al.).

En fin, las técnicas para realizar el seguimiento y control de un proyecto de desarrollo de software deben estar alineadas con la metodología de trabajo utilizada. Las metodologías modernas para desarrollo de software proponen de forma exclusiva, o al menos preferente, un modelo de proceso iterativo e incremental. En este caso las iteraciones ayudan a la dirección a realizar el seguimiento y control del proyecto, definiendo hitos fundamentales en el avance del mismo con los que se controla en cierta medida el desarrollo de los productos. Además las versiones internas tras las iteraciones posibilitan la retroalimentación de los usuarios y, esto lleva a su vez, a una corrección temprana de la trayectoria del proyecto (Jacobson, Booch et al. 2000).

1.4. Análisis de soluciones existentes

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada y a partir de la búsqueda en sitios Web correspondientes con instituciones u organismos de reconocimiento internacional como la IEEE y la ISO, bibliotecas y bases de datos donde se recopilan trabajos de diploma y a través de motores de búsqueda como el de Google Académico y el Sirius, la autora de la investigación considera que no existen soluciones, planteadas con anterioridad, para el problema en cuestión.

En la actualidad existen varios mecanismos para la monitorización y el control de proyectos de software pero ninguno de los identificados se adecua al desarrollo basado en LPS, posiblemente lo más cercano a estos es el desarrollo y uso de

herramientas de gestión como: Sybase Control Center (SCC) que provee un conjunto integrado de capacidades para la administración, monitorización y configuración de diversas líneas de productos Sybase.

Los modelos y estándares planteados y analizados con anterioridad no están definidos para LPS, por lo que su implementación y uso en este nuevo enfoque del desarrollo de software requiere de variaciones para el correcto funcionamiento en las mismas y el desarrollo de un producto con calidad.

PMC en la UCI: una solución aparente

La Universidad de las Ciencias Informáticas, ha tenido desde sus comienzos la meta de alcanzar altos índices de producción e ingresos en la esfera de la Informática, por dicha razón se involucró desde finales del año 2008 en un proceso de mejora de software basado en el modelo CMMI, cuyos objetivos han estado enfocados en (calisoft 2012):

1. Mejorar los procesos, métodos, tecnología y calidad de los proyectos a partir de la incorporación de buenas prácticas propuestas por el modelo CMMI.
2. Obtener una evaluación del nivel 2 de CMMI, lo que la convertiría en la primera institución cubana certificada con este modelo.

Una de las áreas de procesos correspondiente a este nivel es PMC, para la cual se plantea un libro de procesos que tiene como objetivo fundamental definir una guía para desarrollar la monitorización y el control del proyecto. En dicho documento se plantea que el proyecto en cuestión es el encargado de planificar las siguientes actividades definidas para realizar el seguimiento en el mismo (Batista 2010):

- Identificar puntos de monitoreo.
- Monitoreo del proyecto.
- Análisis de los resultados del monitoreo.
- Generación y asignación de acciones correctivas.
- Análisis del estatus con el equipo.
- Análisis del estatus con la gerencia.
- Análisis del estatus con los cliente e involucrados relevantes.

Esta solución, aún cuando de utilizarse generaría un estado superior en cuanto a monitorización y control al que existe hoy, -debe recordarse que actualmente no se

Capítulo 1: Fundamento teórico de la investigación

realiza prácticamente ningún tipo de monitorización-, tampoco resulta factible u óptima para ser utilizada en una LPS debido a su amplitud y a lo exhaustivo de su implementación en un área donde el equipo conoce el tipo de solución que se espera y el tiempo de desarrollo es relativamente corto en casi todos los casos.

Por otra parte, varias de las actividades que propone pudieran ser eliminadas o, al menos, acortadas en su tiempo de duración o ejecución, propiciando el desarrollo del aplicativo en menor tiempo, ponderando este último proceso más que el control del seguimiento del plan.

Finalmente, la utilización de cartografía en la implementación de cualquier SIG supone un punto de chequeo y control importante para la ejecución y la feliz culminación del proyecto pues en todos los casos se debe negociar la cartografía del negocio en cuestión, lo que pudiera generar retrasos en el desarrollo de la solución final. Esta posibilidad (o necesidad) no está prevista en la propuesta de CMMI definida para la UCI.

1.5. Conclusiones parciales

Una estrategia de línea de productos de software, cuando es hábilmente implementada, puede producir beneficios y proporcionar a las organizaciones una ventaja competitiva. Pero también en este nuevo enfoque para el desarrollo de software es necesario realizar una adecuada monitorización y control durante todo el ciclo de vida del producto, dada la importancia de estos procesos de seguimiento.

La monitorización y el control es una necesidad de cada proyecto para lograr resultados exitosos pues permiten medir la verdadera situación del proyecto, y por consiguiente, el avance real del mismo. Por estas razones ha sido planteado a través de diferentes enfoques y estándares de desarrollo de software, aunque, por lo novedoso del tema, no se han definido para el desarrollo en LPS.

CAPÍTULO 2: PROCEDIMIENTO PARA LA MONITORIZACIÓN Y CONTROL

2.1. Introducción

En este capítulo se explican, primeramente, las características específicas de la LPS Aplicativos SIG y, a continuación, se presenta como propuesta de solución un procedimiento para la monitorización y el control de dicha línea, definiendo todas las acciones metodológicas necesarias, los objetivos y responsables del mismo, así como los artefactos de entrada y salida requeridos. Este procedimiento está basado en las normas y estándares analizados en el capítulo anterior ajustándolo a las características específicas de la LPS en cuestión.

2.2. La Línea de Productos de Software Aplicativos SIG

El modelo propuesto para la LPS Aplicativos SIG está constituido por 4 entidades, fundamentadas en los principios de LPS sobre la base del modelo de producción de la Universidad y técnicas de desarrollo de SIG (Zaldívar 2011). A continuación se explica brevemente en qué consiste cada una de dichas entidades:

- Entidad de Dominio

Incluye procedimientos de la Ingeniería de Dominio (ID), gestiona la información y el conocimiento sobre el dominio relativo al despliegue de los productos SIG desarrollados. Es la entidad donde se construyen los activos que soportan la línea que pueden ser algoritmos, componentes SIG, especificaciones tecnológicas y de requisitos, planes, documentación y demás elementos con características reutilizables en el proceso.

Los activos anteriormente citados deben almacenarse en un repositorio de forma tal que sea posible su mantenimiento y gestión constante. El repositorio de activos se conforma en la etapa de Diseño del Dominio con el objetivo de maximizar el uso recurrente de componentes existentes en las distintas etapas del desarrollo basado en los principios de reutilización. Está determinado por dos grandes grupos: los activos de código que incluye clases, procedimientos y pequeñas aplicaciones y los activos del proceso que recoge a los patrones de diseño, esquemas de base de datos y demás documentación propia de las actividades de desarrollo que podrán utilizarse como bases o plantillas.

Capítulo 2: Procedimiento para la monitorización y control

Para la concepción de la LPS propuesta se definen 4 paquetes arquitectónicamente significativos que funcionarán como base de cada uno de los productos generados:

Interfaz: Está soportada por tecnologías de la Web para la gestión de mapas como OpenLayers² e interfaces preelaboradas con la librería gráfica ExtJS³.

Negocio: Incluye la mayoría de los activos de código disponibles en la línea desde la base de los módulos arquitectónicos de la plataforma GeneSIG.

Servidor de Mapas: Definido por la tecnología servidora de los mapas resultantes de cada gestión sistémica. Se redefinen sus funciones en dependencia de la configuración del consumo de los mapas a través de servicios WebMapService (WMS) y WebFeatureService (WFS).

Datos Espaciales: Concibe la información cartográfica que se gestionará en los aplicativos resultantes. Parte de una cartografía base y se complementa con los datos socioeconómicos georreferenciados entregados por los clientes.

Utiliza, además, servicios de consumo que representan el paquete de comunicación entre los aplicativos resultantes y otras aplicaciones, incluyendo el control de acceso y administración de mapas y un paquete opcional, llamado render, encargado de optimizar el proceso renderización de los mapas mediante la tecnología TileCache. Para el manejo de la variabilidad de la línea se propone el uso de técnicas de Programación Orientada a Características (del inglés Feature Oriented Programming, FOP).

- Entidad de Aplicaciones

Incluye procedimientos de la Ingeniería de Aplicaciones (IA) y se encarga del desarrollo de los aplicativos SIG a través de la reutilización de los activos de software generados por la entidad de Dominio y alojadas en el repositorio. Para ello presenta como objetivos clave:

- Adaptar las necesidades de los clientes a las posibilidades de la LPS.
- Ser capaz de integrar productos útiles (casi) exclusivamente con los componentes SIG disponibles.

² OpenLayers es una biblioteca de JavaScript de código abierto bajo una derivación de la licencia BSD para mostrar mapas interactivos en los navegadores Web. <http://openlayers.org/>

³ Ext JS es una librería Javascript ligera y de alto rendimiento, compatible con la mayoría de los navegadores para crear páginas Web y aplicaciones dinámicas. <http://extjs.com/>

Capítulo 2: Procedimiento para la monitorización y control

- Ajustarse a la estructura de la arquitectura base definida para todos los aplicativos SIG que se desarrollen.
- Realizar pruebas de integración y de sistema, suponiendo que cada componente satisface su especificación.

Partiendo de los requisitos específicos, que deben estar alineados de alguna forma con los requisitos de la línea del producto base, se detallan los posibles elementos nuevos que puedan generarse en la etapa previa para proceder a su desarrollo. Se define posteriormente la viabilidad de construcción de los nuevos elementos, así como la cantidad de activos de software que se pueden reutilizar luego de un análisis detallado de los requisitos.

A continuación se procede al diseño específico y a la configuración del sistema utilizando los elementos comunes y variables, determinados a través del método FODA (Feature-Oriented Domain Analysis)⁴, para producir el producto final que se entrega al cliente. Tras este paso, es importante el aseguramiento de las tareas de configuración y composición de activos para resolver puntos de variación y facilitar la interconexión entre ellos.

- Entidad de Gestión Tecnológica

Este proceso está determinado por el modelo de desarrollo de software que se ponga en marcha en la organización y que está determinado por la adaptación de alguno de los modelos tradicionales existentes en el mundo de las LPS. Ejemplos de ellos son los Modelos Basados en Componentes como el TWIN, que está determinado por la integración de los tres procesos complementarios asociados al desarrollo de software basado en reutilización de componentes o el modelo WATCH determinado específicamente para el desarrollo de componentes reutilizables.

- Entidad de Gestión Organizacional

Este proceso está relacionado con la organización de la línea y las actividades que ella debe implantar para asegurar el aprovechamiento eficaz y eficiente del paradigma LPS. Entre los principales aspectos organizacionales están la construcción de los

⁴ **Feature oriented domain analysis (FODA)** es un método de análisis del dominio usado en este caso para extraer las similitudes y variabilidades del dominio determinado, así como la identificación de características relevantes que tendrán los nuevos aplicativos SIG resultantes. Sus conceptos son muy reconocidos en la aplicación de proyectos de Ingeniería de Software y reutilización.

Capítulo 2: Procedimiento para la monitorización y control

casos de negocio, la gestión de las relaciones con los clientes, el análisis de nuevos mercados, la planificación, la gestión de los riesgos y la capacitación del personal.

2.3. Propuesta de procedimiento para la monitorización y control de la LPS Aplicativos SIG

El procedimiento que se plantea a continuación está definido para la monitorización y el control de la LPS Aplicativos SIG, perteneciente al Centro GEySED de la UCI. Se basa en los modelos y estándares analizados en el capítulo anterior y en las características del desarrollo de software basado en LPS. En los apartados sucesivos se describen y detallan cada una de sus partes.

2.3.1. Nombre del procedimiento

Procedimiento para la monitorización y control de la LPS Aplicativos SIG.

2.3.2. Objetivo

El objetivo principal de dicho procedimiento radica en proteger los tiempos fijados en los cronogramas pactados a partir de garantizar conocer el avance de la producción para desarrollar acciones tempranas.

2.3.3. Alcance

El procedimiento propuesto se aplica al desarrollo de software basado en LPS, específicamente a la línea Aplicativos SIG, perteneciente al Departamento de Geoinformática del Centro de Desarrollo GEySED.

2.3.4. Roles y responsabilidades

En el desarrollo de un proyecto coexisten diferentes roles, algunos de ellos pueden ser desempeñados por una misma persona, así como varios integrantes del equipo de trabajo desempeñan el mismo rol. Por esta razón es de vital importancia para la organización del proyecto y el cumplimiento de las actividades, definir las tareas que debe ejecutar cada uno de ellos dentro del proceso de desarrollo de software. A continuación, en la Tabla 1 (Roles y responsabilidades), se indican los puestos que tienen la autoridad para la toma de decisiones en el procedimiento y cuáles son las responsabilidades de cada uno de ellos.

Rol	Responsabilidades
Líder de la línea	Definir los elementos a monitorizar
	Valorar el estado del proyecto
	Informar los resultados obtenidos
Líder de área	Analizar la calidad de los elementos que se monitorizan
	Valorar el estado del proyecto
	Aplicar acciones correctivas
Planificador	Definir los elementos a monitorizar
	Precisar los puntos de monitorización
	Verificar la realización de los elementos a monitorizar
	Valorar el estado del proyecto
	Aplicar acciones correctivas

Tabla 1: Roles y responsabilidades.

2.3.5. Fases del procedimiento

El procedimiento propuesto para la monitorización y el control de la LPS Aplicativos SIG cuenta con 7 actividades delimitadas en 3 fases, las cuales son expuestas a continuación. Además, se detallan las actividades definidas para cada una de ellas en orden de realización.

1. Fase 1: Inicio de la monitorización

1.1. Actividad 1: Definir los elementos a monitorizar

Al iniciarse cada proyecto es necesario definir cuáles son aquellos elementos en el desarrollo del software que se deben monitorizar y controlar debido a la importancia que presentan en el mismo. En la línea, dichos elementos no varían en gran medida dado que todos los sistemas desarrollados son similares, permitiendo que se encuentren identificados previamente. Aún así, no es aconsejable pasar por alto esta actividad ya que pueden aparecer nuevos elementos de interés a los cuales se les deba dar seguimiento también dentro del ciclo de vida del proyecto.

Capítulo 2: Procedimiento para la monitorización y control

Esta actividad la realiza el Líder de la línea de conjunto con el Planificador definiendo los elementos de mayor importancia dentro del proceso de desarrollo del software y teniendo en cuenta para ello las principales características del mismo. Dicha actividad se realiza en el período de 1 día y como resultado se obtiene el cronograma actualizado con los elementos de monitorización incluidos.

1.2. Actividad 2: Precisar los puntos de monitorización

Después de tener definidos los elementos a monitorizar deben establecerse los momentos, dentro del desarrollo del sistema, en que se realizará la monitorización y el control de la línea. Una vez definidos deben incluirse estas fechas en el cronograma del proyecto.

Esto es una responsabilidad del Planificador de la línea quien debe actualizar, como resultado de la actividad, el cronograma de desarrollo. De acuerdo con la complejidad de la actividad se propone que sea realizada en un período nunca superior a una jornada de trabajo.

2. Fase 2: Desarrollo de la monitorización y control

2.1. Actividad 1: Verificar la realización de los elementos a monitorizar

El cumplimiento de las actividades definidas, según las fechas establecidas en el cronograma de desarrollo pactado, es de vital importancia para todo proyecto, permitiendo terminar en el tiempo establecido y con ello lograr la satisfacción de los clientes. En el caso de una LPS es aún más significativo debido a la gran cantidad de sistemas a desarrollar, incluso a la misma vez.

Por las razones mencionadas anteriormente, para el desarrollo de la monitorización y control, el Planificador del proyecto debe verificar que todos aquellos elementos objeto de monitorización, hasta el punto en que se encuentra el proyecto, se hayan realizado según las fechas establecidas en el cronograma propuesto inicialmente. Para el desarrollo de la actividad se puede apoyar en los artefactos que se almacenan en el repositorio y la duración de la misma no debe excederse de 1 día.

2.2. Actividad 2: Analizar la calidad de los elementos que se monitorizan

La calidad del trabajo que se realice también es un punto clave dentro del seguimiento en un proyecto, ya que, de esto depende la calidad del producto final. Es importante

Capítulo 2: Procedimiento para la monitorización y control

chequear cada una de las tareas cumplidas para verificar que los avances sean reales y los productos tengan la calidad suficiente como para considerarlos completados.

Esta actividad la realiza el Líder de cada área, revisando la calidad de las tareas realizadas por su equipo de trabajo, apoyándose en las “Listas de chequeo” definidas en la Universidad para el desarrollo de software. La duración de dicha actividad depende de la cantidad de tareas a chequear y la complejidad de las mismas, pero no debe excederse de 5 días.

2.3. Actividad 3: Valorar el estado del proyecto

Después de revisados todos los elementos objeto de monitorización, definidos en la Fase 1 para el punto en que se encuentra el proyecto, es posible evaluar el estado del mismo. La valoración la realizan en conjunto el Líder de la línea, el Planificador y los Líderes de áreas, definiendo el estado según se explica a continuación.

Teniendo en cuenta la prioridad (Alta, Media, Baja) definida para los elementos que se han monitorizado, se analiza el porcentaje de cumplimiento para cada categoría (Alta, Media, Baja) por separado. Los 3 valores obtenidos permiten identificar el estado del proyecto en cuestión, siendo ubicados según la escala definida para cada categoría (ver Tabla 2. Estados del proyecto).

Prioridad	Estado	Escala (%)	Observaciones
Alta	Satisfactorio	95 – 100	
	Insuficiente	0 – 95	Se deben tomar acciones correctivas
Media	Satisfactorio	90 – 100	
	Insuficiente	0 – 90	Se deben tomar acciones correctivas
Baja	Satisfactorio	85 – 100	
	Insuficiente	0 – 85	Se deben tomar acciones correctivas

Tabla 2: Estados del proyecto.

A partir de la clasificación realizada, es posible conocer si se hace necesaria la toma de acciones correctivas para mitigar los problemas que afectan el funcionamiento

Capítulo 2: Procedimiento para la monitorización y control

correcto del proyecto. Es importante aclarar que para lograr el estado óptimo en el mismo las 3 clasificaciones deben ser de “Satisfactorio”.

Para identificar las acciones correctivas que pueden aplicarse es necesario analizar los problemas que afectan el funcionamiento correcto del proyecto y las causas que los originaron. A continuación (ver Tabla 3. Posibles acciones correctivas) se proponen una serie de medidas teniendo en cuenta los principales problemas que pueden presentarse en el proceso de desarrollo del software.

Problemas	Acciones correctivas
El personal no es capaz de cumplir satisfactoriamente con las tareas asignadas.	Reasignar las tareas Capacitar el personal Contratar personal Definir bien los roles
Existen problemas con el presupuesto dedicado al proyecto o no son suficientes los recursos materiales con que se cuenta.	Cambio de prioridades en las tareas Renegociación con el cliente
Aparecen nuevas tareas a desarrollar dentro del proyecto, como cambios en la aplicación.	Aumentar la disponibilidad del personal
Existen cambios en las actividades propuestas que influyan en la duración de las mismas o en el cumplimiento de las fechas pactadas.	Actualización del calendario Renegociación con el cliente
Se ha materializado alguno de los riesgos identificados para el proyecto.	Adoptar actividades del plan de mitigación
Aparecen nuevos riesgos que no se tuvieron en cuenta al inicio.	Añadir actividades al plan de mitigación

Tabla 3: Posibles acciones correctivas.

La valoración del estado del proyecto se debe realizar en un plazo de 2 días y como resultado de la misma se obtiene un “Reporte de estado” (ver Anexo 3. Reporte de estado). En caso de que el proyecto sea valorado como “Satisfactorio” no es necesario

Capítulo 2: Procedimiento para la monitorización y control

aplicar acciones correctivas y se pasa directamente a informar los resultados obtenidos.

3. Fase 3: Cierre

3.1. Actividad 1: Aplicar acciones correctivas

Para poder solucionar los problemas encontrados en el proyecto o atenuar los efectos indeseados que ocasionen estos, se llevan a cabo las acciones que se consideren necesarias para no afectar los compromisos con el cliente ni la calidad del software final. Las acciones correctivas que se especificaron en la fase anterior deben realizarse correctamente y en el menor tiempo posible por lo que deben ser orientadas inmediatamente, siendo responsables de su cumplimiento los Líderes de áreas y el Planificador.

3.2. Actividad 2: Informar los resultados obtenidos

Para concluir es importante que, tanto los directivos como los integrantes del equipo de desarrollo, conozcan el estado del proyecto. Para ello se pueden realizar reuniones con todos los integrantes del mismo en donde el Líder de la línea expone los avances en el desarrollo del software y/o los principales problemas que afectan el correcto funcionamiento de la línea, así como las medidas que se han definido para solventar los mismos. En el caso de los directivos, se les entrega una copia del reporte de estado resultante de la Fase 2.

2.3.6. Artefactos

Los artefactos son el resultado del trabajo desarrollado en el proyecto y encierran las principales características del mismo. Su importancia se hace más evidente en proyectos complejos, de larga duración o con un gran número de personas involucradas, incluso también en las LPS, donde su correcta manipulación evita duplicar esfuerzos innecesariamente y sirven de referencia para proyectos similares.

Como resultado del procedimiento propuesto se obtiene un “Reporte de estado”, redactado por el Líder de la línea, donde se describe el estado en que se encuentra el proyecto, planteando los principales problemas que afectan el desarrollo del software y las acciones correctivas que se llevarán a cabo para solventar los mismos. Dicho informe no debe ser demasiado extenso, aunque el proyecto sea grande, ya que no es

Capítulo 2: Procedimiento para la monitorización y control

producido para registrar qué trabajo hizo o hará el equipo del proyecto, sino que su foco es describir los desvíos del plan y cómo serán corregidos.

Otro de los artefactos con los que se trabaja es el cronograma de desarrollo del proyecto en cuestión, el cual es actualizado por el Planificador en diferentes momentos al realizar el procedimiento antes descrito. Se tiene como artefacto de entrada para las actividades correspondientes a la Fase 1, obteniéndose como artefacto de salida de las mismas el cronograma con las nuevas actividades y fechas incluidas. Además, se usa como artefacto de entrada solamente, para “Verificar la realización de los elementos a monitorizar” y “Valorar el estado del proyecto”.

2.4. Conclusiones parciales

El procedimiento propuesto en este capítulo se basa en las normas y estándares analizados en el capítulo anterior, ajustándolo a las características específicas de la LPS Aplicativos SIG perteneciente al Centro GEySED de la UCI. Uno de los aspectos fundamentales a tener en cuenta es que no se generan demasiados artefactos y los mismos no presentan una gran complejidad, sin que esto afecte en ningún sentido la calidad del trabajo realizado.

Se considera que dicho procedimiento puede ser desarrollado con facilidad, en un corto período de tiempo, teniendo en cuenta que se trabaja en un área donde el equipo conoce el tipo de solución que se espera y el tiempo de desarrollo es relativamente corto en casi todos los casos. Para ello son controlados los elementos de mayor interés para el proyecto al que se aplique.

CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

3.1. Introducción

En el presente capítulo se comprueba que el procedimiento propuesto para la monitorización y el control de la LPS Aplicativos SIG asegure el correcto funcionamiento dentro de la línea, protegiendo los tiempos fijados en los cronogramas pactados, lo cual es su principal objetivo. Para ello se analiza el criterio de varios expertos en el tema, aplicando el método Delphi y estudiando las principales características del mismo.

3.2. Presentación del método de validación

El método Delphi se basa en el principio de inteligencia colectiva, ubicándose en el grupo conocido como métodos de expertos y está definido como un proceso sistemático e iterativo, encaminado a la obtención de las opiniones y, si es posible, el consenso del grupo de expertos. Consiste en una serie de preguntas repetidas a diferentes personas especializadas en el tema que se analiza o con altos conocimientos en el mismo, realizándose por medio de cuestionarios y cálculos estadísticos.

El método obtiene su nombre en relación a la leyenda del oráculo griego de Delphos, el cual, según se creía, predecía el futuro de manera acertada. Fue desarrollado a principios de los años cincuenta por Olaf Helmer y Norman Dalkey, en el seno del centro de investigación estadounidense RAND Corporation por encargo de las fuerzas aéreas de los EEUU, tratando de establecer la capacidad nuclear de la Unión Soviética en base a la opinión de expertos. Años más tarde, los investigadores Gordon T.J. y Helmer O. desarrollan el primer trabajo de aplicación de esta técnica a la previsión tecnológica (Mohedano 2008; Jaimes 2009).

Con la utilización del método Delphi se intenta potenciar las ventajas que presentan los métodos basados en grupos de expertos y disminuir sus inconvenientes. Este es un método especialmente apropiado para el estudio de temas en los que la información no se encuentra disponible de forma clara o para evaluar el comportamiento de una variable conocida.

En el proceso de ejecución del método Delphi participan dos grupos diferentes; uno es el grupo monitor, encargado del diseño del ejercicio en todas sus fases, y el otro es el

Capítulo 3: Validación de la propuesta

grupo de panelistas o expertos que responden las preguntas confeccionadas por el primer grupo. El grupo monitor es el encargado de seleccionar el panel de expertos, conseguir su compromiso y procesar la información obtenida del mismo.

En el Delphi se suelen realizar tres o cuatro iteraciones, lo cual se puede ajustar al objetivo de la investigación. En cada ronda los expertos reciben el cuestionario y realizan su valoración. Una vez contestados, los cuestionarios son devueltos al moderador para realizar el análisis estadístico. Los resultados de este análisis se les remiten también a los expertos para que tomen en consideración la opinión del resto y vuelvan a valorar cada elemento. En la última ronda se solicita a los expertos que den su opinión y ultimen las valoraciones. Con la nueva información el moderador realiza un nuevo análisis y sintetiza los argumentos de los expertos (Moreno and Hervás 2009).

Este método presenta ventajas notables sobre otras técnicas de obtención de información subjetiva, algunas de ellas son las siguientes (Mohedano 2008):

- La información que se obtiene no viene únicamente de una sola fuente sino de varias fuentes, expertas todas ellas en la materia objeto de estudio.
- La técnica limita las situaciones de descoordinación por la imposibilidad de juntar a un número exacto de expertos para debatir sobre el tema en cuestión.
- El análisis con este método permite cubrir un gran número de campos.
- Existe una alta probabilidad de obtener un consenso entre los expertos consultados.
- Permite que cada experto argumente los pros y los contras de las opiniones dadas, además de la suya propia.
- Permite a expertos que no se encuentran cerca, o no disponen de mucho tiempo, dar su opinión sobre el tema.
- Durante el desarrollo del método ninguno de los participantes conoce la identidad de los otros, lo cual evita conflictos entre expertos y crea un clima favorable a la creatividad, garantizando la libertad de opiniones.
- La información que se va presentando a los expertos no sólo es el punto de vista de la mayoría, sino que se presentan todas las opiniones, indicando el grado de aceptación obtenido.
- Permite la formación de un criterio con mayor grado de objetividad.
- El experto se siente involucrado plenamente en la solución del problema y facilita su implantación.

A pesar de todas las ventajas mencionadas es objeto de críticas basadas fundamentalmente en la supuesta simplicidad de sus procedimientos y en la desconfianza de la opinión como fuente de información. Las desventajas con las que cuenta el método Delphi son fundamentalmente las siguientes (Mohedano 2008):

- No todos los participantes poseen el mismo nivel de información, experiencia o formación.
- Al ser un método con varias rondas, en la que se le pide al experto que confirme o cambie su opinión, esta sucesión de tandas puede llegar a influir en la opinión final del experto.
- Se requiere un número relevante de participantes.
- Puede que no siempre se haga una correcta elección de los expertos.
- Mala formulación de las preguntas del cuestionario que induzca a errores de interpretación.
- Es muy laborioso y demanda tiempo su aplicación, debido a que se requiere como mínimo de dos vueltas para obtener el consenso necesario.
- Precisa de buenas comunicaciones para economizar tiempo de búsqueda y recepción de respuestas.

En conclusión, el método Delphi se basa en el anonimato de los participantes, la repetitividad y retroalimentación controlada y la respuesta del grupo en forma estadística, permitiendo eliminar la influencia que puedan tener algunos miembros del grupo sobre los demás y controlar los factores que provocan una posible falta de motivación en los expertos participantes.

3.3. Selección de expertos

La selección de los expertos se basa fundamentalmente en dos factores de gran importancia: el tipo de experiencia requerida para formar parte del grupo y el tamaño de la muestra. Para llevar a cabo este proceso se entiende como experto, no solo a aquel que es un especialista en su campo, sino, a aquellos que puedan realizar contribuciones válidas sobre el tema en cuestión, dado que poseen conocimientos basados en la práctica y la experiencia.

Con relación al número de expertos se considera que el grupo puede estar compuesto de 15 a 20 expertos, aunque según estudios de la RAND Corporation el número mínimo puede ser 7. No obstante, el tamaño del grupo se encuentra influenciado por

Capítulo 3: Validación de la propuesta

factores como el nivel de conocimientos y experiencia, la capacidad predictiva, el grado de motivación, el ámbito geográfico y la pertenencia al sector de referencia; criterios claves para la selección de los expertos. Además, se necesita una confección heterogénea del panel, de modo que quede garantizada la relevancia en las opiniones, contribuyendo así a una mayor riqueza final (Mohedano 2008; Jaimes 2009).

Un gran número de participantes puede dificultar el manejo de la información con baja tasa de respuestas, y con pocos participantes puede llegarse al final del proceso con muy pocos expertos para establecer el consenso. Se debe tener muy presente también que los participantes no deben tener un interés en particular en los resultados que se obtengan de la aplicación del método, ellos deberían ser totalmente imparciales respecto a la información obtenida del proceso y tener además cierta independencia entre ellos (Jaimes 2009).

Teniendo en cuenta los argumentos expuestos con anterioridad se realiza una primera selección compuesta por 12 personas, todas ellas cumplen con los siguientes parámetros:

- Vinculación al desarrollo de productos informáticos.
- Al menos 1 año de experiencia.
- Conocimientos acerca del desarrollo de software basado en LPS.
- Conocimientos acerca del proceso de monitorización y control de un proyecto.
- Capacidad de análisis.
- Disposición para participar.
- Responsabilidad.

Con el objetivo de determinar el coeficiente de competencia (K) de cada uno de los posibles integrantes del grupo, se confecciona y aplica una encuesta de autovaloración, donde se recogen los datos fundamentales de los expertos (ver Anexo 4. Cuestionario de autovaloración para expertos). Una vez que se obtienen las respuestas, el coeficiente de competencia del experto, que no es más que la cifra que indica el nivel de habilidades que posee el individuo, relacionadas con la aplicación de sus conocimientos, se determina de la manera siguiente (Iglesias 2006; León and Díaz 2010):

- Kc: coeficiente de conocimiento sobre el tema que se le pide opinión.

Capítulo 3: Validación de la propuesta

Para su cálculo se multiplica por 0,1 el valor propuesto por el posible experto en la primera pregunta de la encuesta. Por ejemplo: si el posible experto marcó el número 8, éste se multiplica por 0,1 y se obtiene que $K_c = 0,8$.

- K_a : coeficiente de argumentación.

En este caso el cálculo se realiza teniendo en cuenta los valores establecidos para cada una de las fuentes de argumentación⁵, según el grado de influencia de las mismas, como se representa a continuación (ver Tabla 4. Influencia de las fuentes de argumentación). El coeficiente de argumentación sería la suma de todos los valores marcados por el posible experto.

Fuentes de argumentación	Grado de influencia de cada una de las fuentes en sus criterios		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted	0,3	0,25	0,15
Su experiencia en el tema	0,4	0,35	0,25
Trabajos de autores nacionales consultados	0,1	0,07	0,04
Trabajos de autores extranjeros consultados	0,1	0,07	0,04
Su intuición	0,1	0,06	0,02
Totales	1,0	0,8	0,5

Tabla 4: Influencia de las fuentes de argumentación.

Por último se calcula el coeficiente de competencia como: $K = \frac{1}{2} (K_c + K_a)$

- Si $0,8 \leq K \leq 1$: el coeficiente de competencia es Alto.
- Si $0,5 \leq K < 0,8$: el coeficiente de competencia es Medio.
- Si $K < 0,5$: el coeficiente de competencia es Bajo.

A partir de las respuestas dadas por los posibles expertos se seleccionan los que integrarán el panel para la validación del procedimiento. Es importante destacar que

⁵ Se entiende como fuentes de argumentación a las proposiciones o axiomas que justifican la adquisición de conocimientos sobre una materia. Proposiciones en las que se basan los expertos para explicar el origen de sus conocimientos.

Capítulo 3: Validación de la propuesta

los expertos seleccionados para conformar el mismo deben ser aquellos que presenten un coeficiente de competencia Alto y, en caso de ser necesario, los que poseen la categoría de Medio. En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos (ver Tabla 5. Clasificación de los expertos).

Experto	Kc	Ka	K	Categoría
E1	0,9	1	0,95	Alto
E2	0,8	1	0,9	Alto
E3	0,7	0,87	0,785	Medio
E4	0,8	0,91	0,855	Alto
E5	0,9	1	0,95	Alto
E6	0,6	0,83	0,715	Medio
E7	0,9	0,89	0,895	Alto

Tabla 5: Clasificación de los expertos.

En resumen, el panel queda conformado por 7 expertos, de los cuales 5 tienen un coeficiente de competencia Alto y 2 Medio (ver Anexo 5. Listado de expertos para la validación del procedimiento).

3.4. Elaboración y aplicación de cuestionarios

Como documentación primaria y garantizando la calidad de las respuestas que puedan brindar los expertos que conforman el panel, se les envió, por correo electrónico, un resumen del procedimiento propuesto a cada uno de ellos, especificando el objetivo general del mismo. Reciben, además, el primer cuestionario (ver Anexo 6. Cuestionario 1 para la validación del procedimiento) para la validación de la propuesta, definiendo algunas condiciones para su desarrollo como el plazo de respuesta y el anonimato. El mismo se realiza de forma tal que los participantes puedan dar su valoración sobre el tópico a investigar.

Después de este cuestionario inicial se usan preguntas claras, precisas e independientes para el siguiente cuestionario (ver Anexo 7. Cuestionario 2 para la validación del procedimiento), además de exponer los resultados obtenidos del primero. De esta forma, los expertos que conforman el panel pueden valorar otros criterios y, de considerarlo necesario, cambiar su opinión con respecto al procedimiento.

3.5. Análisis de resultados

A partir de las respuestas dadas por el panel de expertos a los cuestionarios realizados, se analiza el nivel de aprobación con que cuenta la aplicación del procedimiento. Para que la propuesta tenga una mayor validez es necesario que exista un adecuado acuerdo entre los integrantes del panel de expertos, esto se comprueba mediante el cálculo del coeficiente de concordancia entre las respuestas dadas a través de la fórmula siguiente:

$$Cc = (1 - Vn/Vt) * 100$$

Donde:

- Cc: Coeficiente de concordancia expresado en porcentaje.
- Vn: Cantidad de expertos en contra del criterio predominante.
- Vt: Cantidad total de expertos.

En la siguiente tabla (ver Tabla 6. Cálculo del coeficiente de concordancia) se muestra un resumen de las respuestas dadas por el panel, así como el coeficiente de concordancia, expresado en por ciento, para cada una de las preguntas realizadas. Se debe tener en cuenta que las “x” representan las respuestas contrarias al criterio predominante en el grupo.

Expertos	Preguntas correspondientes al cuestionario 2							
	1	2	3	4	5	6	7	8
E1								
E2				x		x		
E3	x							x
E4		x				x		
E5		x						
E6			x	x				x
E7								
Cc (%)	85,7	71,4	85,7	71,4	100	71,4	100	71,4

Tabla 6: Cálculo del coeficiente de concordancia.

La concordancia entre los expertos se considera aceptable con respecto a un determinado valor, generalmente cuando $Cc \geq 60\%$ (Sánchez 2004). En este trabajo se considera aceptable para los valores mayores que el 70%, dando lugar a que el

100% de las preguntas quedaran con un valor aceptable. Los aspectos de menor coeficiente de concordancia, y, por tanto, los de mayor incertidumbre dentro del procedimiento, son los siguientes:

- El mejoramiento de la calidad de los productos y servicios brindados por la LPS si se implanta el procedimiento.
- La identificación de los artefactos.
- El cumplimiento de todas las actividades propuestas en el procedimiento.
- Las dificultades que se pueden presentar durante la aplicación del procedimiento definido.

3.6. Opiniones de los expertos

Además de los elementos mostrados anteriormente, los expertos hicieron una serie de valoraciones con respecto a la aplicación del procedimiento, las cuales se enuncian a continuación:

- El procedimiento contribuirá a mejorar la gestión del tiempo de cada proyecto con la definición de cronogramas más discretos.
- Esta propuesta permitirá que en un corto plazo, se puedan monitorizar los elementos principales de cada producto de forma efectiva, permitiendo además que se puedan aplicar correcciones que estimulen a mejorar dicha ejecución.
- Todos los expertos coinciden en que la propuesta puede ser aplicada sin grandes tropiezos debido a su sencillez y al hecho de presentar un orden lógico en todas las actividades definidas.
- La mayoría de los expertos (57%) plantean que la investigación realizada tiene gran relevancia y solo el 14% le confiere una baja significación.
- Las principales dificultades que se pueden presentar durante la aplicación del procedimiento propuesto se deben a:
 - Poca valoración (importancia) que le puedan dar los líderes.
 - Poco tiempo en cronograma/recursos para aplicar el procedimiento.
 - Ociosidad, desconocimiento, incultura, etc. de los miembros del proyecto.
- Se deberían incluir otros artefactos que ya están diseñados.
- Se debería partir de utilizar las cosas que están definidas para la monitorización y control de proyectos en el entorno de la UCI, como lo que se define para CMMI.

- Establecer fases parece ser un poco ambicioso para tan pocas actividades aunque se puede aceptar. Se podrían haber definidos procesos que pertenecieran a fases o macroprocesos de la propia LPS.
- Debiera ilustrarse el procedimiento con un diagrama de actividades o de procesos, y hasta con timeline del momento en el que se ejecutan las actividades.

3.7. Conclusiones parciales

Para la validación del procedimiento propuesto se utilizó el método Delphi, con lo cual se intenta potenciar las ventajas que presentan los métodos basados en grupos de expertos y disminuir sus inconvenientes. Para ello se conformó un panel compuesto por 7 expertos a los cuales se les presentaron dos cuestionarios con preguntas abiertas y cerradas, permitiéndoles así exponer sus criterios sobre la propuesta.

Después de haber analizado las respuestas de los expertos se concluye que el 100% de las preguntas quedaron con un valor aceptable en el cálculo del coeficiente de concordancia. Teniendo en cuenta estos resultados es posible aplicar el procedimiento propuesto a la LPS en cuestión.

CONCLUSIONES GENERALES

Una vez concluido el proceso investigativo, la autora arriba a las conclusiones siguientes:

1. En el desarrollo de software es necesario realizar una adecuada monitorización y control durante todo el ciclo de vida del producto, pues estos procesos permiten medir la verdadera situación del proyecto, y por consiguiente, el avance real del mismo.
2. En la actualidad existen varios mecanismos para la monitorización y el control de proyectos de software pero ninguno de los identificados se adecua al desarrollo basado en LPS.
3. El procedimiento para la monitorización y el control, propuesto en este trabajo, se destina a la LPS Aplicativos SIG del Centro GEySED. Está compuesto por 7 actividades divididas en 3 fases que pueden ser desarrolladas con facilidad, en un corto período de tiempo.
4. Una característica distintiva de este procedimiento es el hecho de no tener que generar demasiados artefactos y los que se generan no presentan una gran complejidad, lo cual no afecta en ningún sentido la calidad del trabajo realizado.
5. Para la validación del procedimiento propuesto se utilizó el método Delphi, conformando un panel de 7 expertos. A los mismos se les realizaron dos cuestionarios de forma tal que pudieran expresar sus criterios con respecto a la propuesta.

Finalmente:

6. Se obtuvo como resultado del proceso de validación un buen nivel de aceptación para la propuesta de solución, revelando de esta manera la posibilidad de aplicar el procedimiento para la monitorización y el control en la LPS Aplicativos SIG.

RECOMENDACIONES

Con el objetivo de lograr resultados satisfactorios en cuanto a monitorización y control se recomienda:

- Aplicar el procedimiento propuesto en el desarrollo de los productos derivados de la LPS Aplicativos SIG.
- Desarrollar un sistema que permita la automatización de los procesos de monitorización y control para la línea.
- Profundizar en la investigación e incluir al procedimiento un diagrama de actividades y una línea de tiempo donde se especifique el momento dentro del ciclo de vida en el que se ejecuta la monitorización.
- Fomentar la aplicación del modelo a otras LPS existentes en la Universidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, I., R. Calimán, et al. (2008) "Monitoreo y control de proyectos."
- Batista, A. S. (2010). IPP-3530:2009 Libro de Proceso para Monitoreo y Control de Proyecto. La Habana.
- Benítez, S. N. R., J. C. M. Alegre, et al. (2011). Procedimiento para la evaluación del nivel de satisfacción del cliente en la empresa comercializadora de combustibles Las Tunas. Observatorio de la Economía Latinoamericana.
- Botti, A. S. (2007) "Ya planeaste tu proyecto. ¿Ahora qué?", 22.
- Brisaboa, N. R., J. A. C. Lema, et al. "Sistemas de Información Geográfica: Revisión de su estado actual." 18.
- Buzai, G. D. and D. J. Robinson (2010) "Sistemas de Información Geográfica en América Latina (1987-2010).", 18.
- Calidad, D. D. (2008). Diagnóstico 2008. Resultados de la revisión. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas: 51.
- CaliSoft (2009). Libro del diagnóstico 2009 Área: UCI. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas: 19.
- calisoft, C. d. c. p. s. i. (2012). "Evaluación final del programa de mejora." Retrieved 15-02-2012, from <http://calisoft.uci.cu/index.php/noticias/6-noticias/94-spm>.
- Camacho, K. (2006) "La Brecha digital."
- Canós, J. H., P. Letelier, et al. "Metodologías Ágiles en el Desarrollo de Software." 8.
- Celada, M. S., T. G. Roffe, et al. (2006) "Estado del arte del uso de la tecnología SIG en la gestión del riesgo de desastres naturales en la agricultura a escala nacional." 43.
- Chrissis, M. B., M. Konrad, et al. (2006). CMMI for Development Version 1.2.
- ESRI (2011) "What is GIS?".
- Garrido, M. A. (2003) "SIG y Medio Ambiente: principios básicos." 2, 19.
- Geoinformática, D. d. (2011). Departamento de Geoinformática, Centro de Desarrollo de Software Geoinformática y Señales Digitales. Universidad de las Ciencias Informáticas: 12.
- gis.com. (2011, 10-11-2011). "What is GIS?", from <http://www.gis.com/content/what-gis>.
- Hernández, O., J. Octavio, et al. (2008) "Documentando Arquitecturas Orientadas a Aspectos para Líneas de Productos de Software." 1.
- Hernández, V. S. (2009) "Estudio sobre la industria del Software a nivel mundial. Caracterización en América Latina y Cuba.", 19.

- Hsiao, B. and C. Weber. (2011). "Herramientas para que logres implementar la norma ISO 9001." Retrieved 30-01-2012, from <http://www.normas9000.com/index.html>.
- Iglesias, A. M. (2006) "El método Delphi."
- Institute, C. M. S. E. (2011). "Software Product Line." Retrieved 17-11-2011, 2011, from <http://www.sei.cmu.edu/productlines/>.
- ISO, I. O. f. S. (2011). "International Standards for Business, Government and Society." Retrieved 29-01-2012, from <http://www.iso.org/iso/home.htm>.
- Jacobson, I., G. Booch, et al. (2000). El proceso unificado de desarrollo de software. Madrid.
- Jaimes, M. C. (2009). El método Delphi: cuando dos cabezas piensan más que una en el desarrollo de guías de práctica clínica. Revista colombiana de psiquiatría. Bogotá, Colombia. **38**: 185-193.
- León, R. A. H. and M. Díaz (2010) "Procedimiento para evaluar proyectos y establecer un orden de prioridades para su ejecución." 12.
- Marante, M. I., M. Company, et al. (2011) "Seguimiento ágil de proyectos de desarrollo de software utilizando Gráficas Burn Down." 14.
- MES (2010). Informe Final de Evaluación Institucional. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas.
- Mohedano, F. O. (2008). El método Delphi, prospectiva en Ciencias Sociales a través del análisis de un caso práctico. Revista-Escuela de Administración de Negocios. Colombia: 31-54.
- Morel, M. G. (2007). Primera Graduación de la Universidad de las Ciencias Informáticas. Ciudad de la Habana.
- Moreno, F. C. and J. C. Hervás (2009). Uso del método Delphi para la elaboración de una medida de calidad percibida de los expectadores de eventos deportivos. RETOS. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación. Valencia. **15**: 21-25.
- Narro, M. T. (2003) "CMM y RUP: Una perspectiva común." 25.
- Perovich, D., P. O. Rossel, et al. (2009) "Feature model to product architectures: Applying MDE to Software Product Lines ", 201-210.
- PMI, P. M. I. (2004). Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos
- Pressman, R. S. (2001). Ingeniería del Software. Un enfoque práctico.
- Pressman, R. S. (2009). Ingeniería del Software. Un enfoque práctico.
- Reyna, A. (2005) "El uso de los sistemas de información geográfica (SIG) en el análisis demográfico de situaciones de desastre.", 34.
- Roger, K., H. Steven, et al. (2009). Marketing.

- Sánchez, A. M. (2004) "Fuentes de Información para la Inteligencia Competitiva en I+D." 14.
- Sommerville, I. (1995). Ingeniería de software.
- Tirado, A. U. (2007) "La brecha digital, no solo conectividad. La Socio, Info e Infraestructura Informacional una triada necesaria para los análisis en la sociedad de la información.", 5.
- Vázquez, M. P. (2011). Aplicativos SIG, una línea de productos de software para el desarrollo de SIG. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas: 1.
- Zaldívar, Y. P. (2008). Documento Visión. Proyecto GeneSIG., Universidad de las Ciencias Informáticas.
- Zaldívar, Y. P. (2011). Modelo de desarrollo basado en líneas de productos de software para la implementación de Sistemas de Información Geográfica sobre la base de la Plataforma GeneSIG. GEOINFORMÁTICA. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas: 69.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. (2008) "SCRUM: metodología "ágil" para tus proyectos."
2. (2011) "La visión del PMBoK en la dirección de proyectos y el método ágil".
3. Álvarez, A. L. D. and C. A. R. Sánchez (2010). Propuesta de procedimiento para el desarrollo de sitios Web informativos en los eventos competitivos de la Universidad de las Ciencias Informáticas La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas: 71.
4. Astigarraga, E. "El método Delphi." 14.
5. Bahit, E. (2011) "Monitoreo y Control en el agilismo."
6. Barrios, R. PMBOK para la gestión de proyectos BPM, Universidad Pontificia de Salamanca.: 6.
7. Barroso, A. R. and J. G. Puebla "Los Sistemas de Información Geográficos: origen y perspectivas." 106.
8. Bastarrica, M. C. "Desarrollo de Líneas de Productos de Software."
9. Bergey, J. K., G. Chastek, et al. (2010). Software Product Lines: Report of the 2010 U.S. Army Software Product Line.
10. Campos, A. P. "El Sistema de Información Geográfica: un instrumento para la planificación y gestión urbana."
11. Castro, L. S. (2011). Procedimiento de Gestión de Cambios para el centro CEIGE. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas: 85.
12. Chastek, G. and J. D. McGregor (2002). Guidelines for Developing a Product Line Production Plan: 63.
13. Consulting, C. I. (2012). "Gestión de proyectos." Retrieved 20-01-2012, from http://www.crs-itconsulting.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1175&Itemid=506.
14. Cuaresma, S. B. (2008) "Metodologías ágiles de gestión de proyectos (Scrum, DSDM, Extreme Programming – XP...)."
15. EQA, E. Q. A. (2012). "ISO 9001." Retrieved 29-01-2012, from <http://www.eqa.org/productos/9001.htm>.
16. Esterkin, J. (2008) "Qué es y cómo se hace un reporte de estado del proyecto."
17. Fernández, C. L. "Guía para la elaboración de procedimientos."
18. González, A. T. (2010). Propuesta de procedimiento para la adaptación de productos y soluciones que desarrolla DATEC. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas 73.

19. González, R. M. Marketing en el Siglo XXI.
20. ISO, I. O. f. S. (2008). Norma ISO 9001:2008: 32.
21. Krueger, C. W. (2006) "New Methods in Software Product Line Development."
22. Mitaritonna, A. D. (2010). Una innovadora metodología para el desarrollo de software en ambientes de trabajo virtuales. Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires: 166.
23. Montilva, J. A. (2006) "Desarrollo de Software Basado en Líneas de Productos de Software."
24. Pereiro, J. (2007) "Medición, análisis y mejora – Generalidades."
25. Quesada, G. "Método Delphi." 17.
26. Ramírez, I. M. D. H. (2010). Procedimiento para el desarrollo de un sistema de inteligencia de negocios en los ensayos clínicos que se gestionan en el Centro de Inmunología Molecular. La Habana, UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS: 77.
27. Riola, J. C. C. (2008). Metodologías ágiles: herramientas y modelo de desarrollo para aplicaciones Java EE como metodología empresarial. Barcelona, UPC: 215.
28. Rivas, J. W. and J. A. Montilva "RED: Una Arquitectura de Componentes para el Modelado de Redes en SIG ", 10.
29. Roche, E. d. A. (2010). Procedimiento para la gestión de incidencias en los proyectos de software de gestión de la UCI. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas 80.
30. Rodríguez, A. C. (2010). Propuesta de un procedimiento para evaluar la factibilidad de las posibles alternativas de desarrollo de software. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas 81.
31. Sagué, L. G. (2011). Aplicación del Procedimiento de Implantación del ERP en el despliegue del Sistema de Gestión Integral de Aseguramiento de Servicios Médicos en la red de distribución del grupo empresarial QUIMEFA. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas: 85.
32. Sánchez, D. S. and Y. S. Palacio (2010). Propuesta de Procedimiento para la prestación del servicio de replicación de datos del Centro de Tecnologías y Gestión de Datos. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas: 95.
33. SoftExpert, S. f. P. E. (2012). "PMBOK Guía de Conocimiento en Gestión de Proyectos." Retrieved 21-01-2012, from <http://www.softexpert.es/norma-pmbok.php>.
34. Thompson, I. (2009) "Definición de Producto."

35. Yagüe, A. and J. Garbajosa (2010). Actas de 1ª Conferencia Agile-Spain CAS 2010. D. d. P. d. I. E. U. d. I. d. Madrid. Madrid, Universidad de Informática de Madrid: 53.

ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario sobre el funcionamiento de la LPS Aplicativos SIG

La presente encuesta se realiza para caracterizar el funcionamiento de la LPS Aplicativos SIG. Se le agradece su apoyo al responder las siguientes interrogantes:

1. ¿Después de asignada una tarea es posible cambiar las fechas pactadas para el cumplimiento de la misma?

Si____ No____ A veces____

2. ¿Cómo se realiza el control de las tareas asignadas?

___ Sistemáticamente

___ Una vez por semana

___ Cuando llega la fecha de su entrega

___ Otros casos

Anexo 2. Entrevista sobre el funcionamiento de la LPS Aplicativos SIG

Nombre: _____

Cargo: _____

Preguntas

1. ¿Para la confección de los cronogramas de desarrollo se usan métodos de estimación de esfuerzo y tiempo?

Si____ No____ A veces____

2. En caso de estimarse, mencione el o los métodos utilizados.

3. ¿Se capacita al personal encargado de la confección de los cronogramas?

Si____ No____ A veces____

4. ¿Se definen hitos fundamentales de chequeo en el avance del proyecto?

Si____ No____ A veces____

5. En caso de definirse, ¿en cuáles etapas del desarrollo del proyecto se realizan?

6. ¿Después de asignada una tarea es posible cambiar las fechas pactadas para el cumplimiento de la misma?

Si____ No____ A veces____

7. ¿Cómo se realiza el control de las tareas asignadas?

___ Sistemáticamente

___ Una vez por semana

___ Cuando llega la fecha de su entrega

___ Otros casos

8. Después de pactado el producto, ¿se mantienen vínculos entre el equipo de desarrollo y el cliente?

Si____ No____ A veces____

9. En proyectos desarrollados con anterioridad, ¿el cliente ha presentado inconformidad con algún aspecto del producto desarrollado?

Si____ No____ A veces____

Anexo 3. Reporte de estado



**Reporte de estado
LPS Aplicativos SIG**

Proyecto:		Fecha:	
Autor:		Cargo:	

Estado del proyecto

Describe brevemente el estado en que se encuentra el proyecto, es decir, en qué fase del desarrollo del software se encuentra, así como los principales problemas que se han presentado dificultando el correcto funcionamiento en el mismo.

Acciones correctivas

Se enumeran las acciones que se llevarán a cabo para mitigar los problemas mencionados con anterioridad y los responsables de las mismas. En caso de no existir problemas en el funcionamiento del proyecto no es necesario plantear acciones correctivas.

No.	Acción correctiva	Responsable	Observaciones

Anexo 4. Cuestionario de autovaloración para expertos

Usted ha sido seleccionado como un posible miembro de un panel de expertos para la validación de un procedimiento para la monitorización y el control de la LPS Aplicativos SIG, perteneciente al Departamento de Geoinformática del Centro GEySED. Debe saber que sus valoraciones y recomendaciones se operarán de forma anónima e influirán en el perfeccionamiento de la propuesta.

La presente encuesta se realiza para determinar su coeficiente de competencia. Se le agradece su apoyo al responder las siguientes interrogantes:

Nombre y apellidos: _____

Labor que realiza: _____

Años de experiencia: _____ Especialidad: _____

Categoría docente: _____ Categoría científica: _____

Vinculación a proyectos: Si____ No____

Roles desempeñados: _____

Años de experiencia en el desarrollo de proyectos de software: _____

1. Se le solicita que usted valore su nivel de competencia teniendo en cuenta el conocimiento sobre el tema en cuestión, marcando con una cruz el valor que considere en una escala de 1 a 10 (donde 1 representa ningún conocimiento sobre el tema y el 10 que tiene conocimiento pleno de la problemática tratada).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. En la siguiente tabla, se le propone que indique con una cruz en cada fila, el grado de influencia (alto, medio, o bajo) que tiene en sus criterios cada fuente de argumentación.

Fuentes de argumentación	Grado de influencia de cada una de las fuentes en sus criterios		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted			
Su experiencia en el tema			
Trabajos de autores nacionales consultados			
Trabajos de autores extranjeros consultados			
Su intuición			

Anexo 5. Listado de expertos para la validación del procedimiento

1. Ing. Maridalia Pérez Vázquez
2. Ing. Solangel Rodríguez Vázquez
3. Ing. Ernesto Ahmed Mederos Franqueiro
4. Ing. Saily Porta García
5. Ing. Yampier Medina Tarancón
6. Ing. Yoenis Pantoja Zaldívar
7. Ing. Adrian Gracia Aguila

Anexo 6. Cuestionario 1 para la validación del procedimiento

Usted ha sido seleccionado como miembro de un panel de expertos para la validación de un procedimiento para la monitorización y el control de la LPS Aplicativos SIG, perteneciente al Departamento de Geoinformática del Centro GEySED. Las principales características de dicho procedimiento se especifican en el documento que se le adjunta.

Debe saber que sus valoraciones y recomendaciones se operarán de forma anónima e influirán en el perfeccionamiento de la propuesta. Se le agradece su apoyo al responder las siguientes interrogantes, tenga en cuenta que posee 8 días naturales para la entrega de su respuesta:

1. ¿Qué relevancia le confiere a la investigación realizada?

Alta____ Media____ Baja____

2. Exponga su opinión sobre la propuesta de forma general.

Anexo 7. Cuestionario 2 para la validación del procedimiento

Usted forma parte de un panel de expertos para la validación de un procedimiento para la monitorización y el control de la LPS Aplicativos SIG, perteneciente al Departamento de Geoinformática del Centro GEySED.

Debe saber que sus valoraciones y recomendaciones se operarán de forma anónima e influirán en el perfeccionamiento de la propuesta. Se le agradece su apoyo al responder las siguientes interrogantes, tenga en cuenta que posee 8 días naturales para la entrega de su respuesta:

1. ¿Considera necesaria la implantación del procedimiento definido para la monitorización y el control de la LPS Aplicativos SIG?

Si ____ No ____ No sé ____

2. ¿Considera usted que se mejorará la calidad de los productos y servicios brindados por la LPS si se implanta este procedimiento?

Si ____ No ____ No sé ____

3. ¿Considera usted que están correctamente identificados los roles del procedimiento?

Si ____ No ____

En caso negativo: ¿cuál o cuáles considera que se debe incluir?:

4. ¿Considera usted que están correctamente identificados los artefactos en el procedimiento?

Si ____ No ____

En caso negativo: ¿cuál o cuáles considera que se debe incluir?:

5. ¿Considera usted que el procedimiento tiene un orden lógico y una correcta estructura de las actividades?

Si ___ No ___

6. ¿Considera usted que es posible cumplir con las actividades propuestas en el procedimiento?

Si ___ No ___ No todas ___

En caso de que su respuesta sea "No todas" mencione cuáles no:

7. ¿Cree que la propuesta es tan compleja como para que no se use?

Si ___ No ___

8. ¿Cree que se pueden presentar dificultades durante la aplicación del procedimiento definido?

Si ___ No ___

En caso de que su respuesta sea positiva, mencione cuáles:

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Automatización: Se refiere a la transferencia de tareas, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Base de datos: Sistema de archivos electrónico o colección de información organizada de forma que un programa de ordenador pueda seleccionar rápidamente los fragmentos de datos que necesite.

Calidad: La calidad es el conjunto de características de un elemento, producto o servicio, que le confieren la aptitud de satisfacer una necesidad implícita y explícita.

Cartografía: Ciencia que se ocupa del trazado y el estudio de mapas geográficos y la preparación y construcción de cartas náuticas, reproduciendo en una superficie plana la superficie terrestre. Por extensión, también se denomina cartografía a un conjunto de documentos territoriales referidos a un ámbito concreto de estudio.

Ciclo de vida de un proyecto: Sucesión de etapas o fases que componen el proyecto. Marco de referencia que contiene los procesos, las actividades y las tareas involucradas en el desarrollo, la explotación y el mantenimiento de un producto de software, abarcando la vida del sistema desde la definición de los requisitos hasta la finalización de su uso.

Cuellos de botella: Fenómeno donde el rendimiento o la capacidad de todo un sistema está limitado por un único componente.

Estándar: Modelo o norma común que se sigue para realizar un proceso.

Hardware: Término inglés que hace referencia a cualquier componente físico de un sistema, incluyendo tarjetas (circuitos impresos electrónicos) y demás objetos de los que está compuesta una computadora.

Hitos: Eventos significativos o de trascendencia en el proyecto, generalmente la terminación de un entregable principal del proyecto.

Información georreferenciada: Se refiere al posicionamiento con el que se define la localización de un objeto espacial (representado mediante punto, vector, área, volumen) en un sistema de coordenadas.

Interfaz de usuario: Conjunto de protocolos y técnicas para el intercambio de información entre una aplicación computacional y el usuario.

Línea base: Conjunto de indicadores seleccionados para el seguimiento y la evaluación sistemáticos de políticas y programas.

Metodología de desarrollo de software: Guía que contiene procedimientos, normas, prácticas y herramientas que indicarán cómo se debe actuar para alcanzar un objetivo determinado en alguna disciplina.

No conformidad: Desviación o incumplimiento con respecto a los requisitos especificados para el software.

Personalización: Adaptar algo a las características, al gusto o a las necesidades de una persona.

Proceso: Conjunto de actividades coordinadas que se desarrollan para alcanzar un fin determinado; a través de ellas se transforman elementos de entrada en resultados.

Proyecto: Es el elemento organizativo a través del cual se gestiona el desarrollo de software y el resultado del mismo es una versión de un producto.

Renderización: Término usado en Informática para referirse al proceso de generar una imagen desde un modelo.

Repositorio: Lugar establecido (ya sea físico o virtual) para el coherente y eficaz almacenamiento y recuperación de toda la información del proyecto.

Requerimientos o requisitos: Declaración de los objetivos detallados del producto que describe las características y las funciones que se entregarán en el mismo.

Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC): Son el conjunto de herramientas, soportes y canales desarrollados para gestionar información y transmitirla.

Variabilidad: Desviación, modificación o diferencia cuantificable de una referencia conocida o valor previsto.