

# Gestión Activa de Eventos en Proyectos Software\*

Fran J. Ruiz-Bertol, Javier Dolado

Dpto. Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad del País Vasco, España  
ruizbertol@si.ehu.es; dolado@acm.org

**Abstract.** La Gestión de Proyectos en Ingeniería del Software continúa sin mantener un control estricto sobre el proyecto, debido en gran parte a que no existe un control efectivo de los eventos. En este artículo se realiza un estudio de los principales eventos que pueden producirse en un proyecto, determinando sus características, y estableciendo una clasificación. Esta clasificación se basa en la naturaleza predictiva de los eventos, dando lugar a eventos previsibles y eventos no previsibles. Para analizar los eventos se utilizan reglas Evento-Condición-Acción (ECA), que definen un sistema abstracto para comprender, gestionar y utilizar el Sistema de Gestión del Workflow (WfMS) de manera eficaz. Definidas las reglas ECA se procede con la descripción de eventos en el proceso de gestión que, basándose en el PMBOK, describe para cada proceso, cuáles son los eventos que pueden producirse, basándose para ello en las interacciones de estos procesos, y estableciendo para cada evento una sintaxis que permitan definir las reglas ECA. Este estudio permite definir no sólo la importancia de los eventos en la gestión del proyecto, sino también la manera de establecer un sistema reactivo, definiendo para ello un sistema de reglas que permite identificar cualquier evento que puede hacer retrasar el proyecto, y controlando de manera global todas los componentes del proyecto.

**Keywords:** Gestión de eventos; Reglas ECA; Workflow Management Systems; Procesos de Gestión de Proyectos;

## 1 Introducción

Existen gran cantidad de disciplinas, como la construcción, la arquitectura o la mayoría de ingenierías, en las que el proceso no varía mucho entre un proyecto y otro. Estos proyectos se guían bajo las características de previsibilidad y repetitividad. Sin embargo, no se puede trasladar esta afirmación a la Ingeniería del Software, ya que tanto el proceso, como los recursos y el producto final tienen grandes diferencias con otros proyectos de características similares. Incluso productos con similar funcionalidad final y creados por la misma compañía, tienen procesos de desarrollo completamente distintos. Estos proyectos están guiados por una alta flexibilidad a la

---

\* La investigación asociada a este artículo ha sido posible gracias a la financiación por parte del Ministerio de Ciencia y Tecnología del proyecto CICYT TIN-06689-C03-01

hora de describir el proceso de desarrollo y por un estrecho control del Workflow para obtener como resultado, por lo menos en lo que atañe a la gestión, un proyecto exitoso.

Actualmente, tanto la flexibilidad del proceso como el control del Workflow en ámbitos de Ingeniería del Software son prácticamente ciencia ficción, debido a que las herramientas y sistemas existentes proporcionan poca flexibilidad y control del Workflow. Ejemplos de estos Sistemas de Gestión de Proyectos son Primavera Project Planner [1], CA Enterprise Management [2] o MS Project [3]. En Investigación se han desarrollado proyectos como MILOS-MASE[4], WLAKE [5], BORE [7], XPlanner [8] o VersionOne [9], que se centran en resolver problemas de Programación Ágil (MILOS-MASE, XPlanner y VersionOne), Flexibilidad del Workflow (WLAKE), y Flexibilidad de la Metodología (BORE).

Para realizar una gestión y control de un proyecto hay que tener en cuenta tanto la información de la que se dispone antes, durante, y después del proyecto, como los eventos que ocurren durante el desarrollo. Sin embargo, asumir un completo control sobre todos los eventos es práctica y materialmente imposible. En [10] se describe cómo se podría realizar un control dinámico del plan usando Agentes, aunque queda limitado únicamente a un estudio de implementación de entornos multiagentes dinámicos.

En Ingeniería del Software la Monitorización del Entorno es fundamental, ya que una pequeña desviación o problema al inicio del proyecto puede dar lugar a que se amplíe durante el proyecto y, en los casos más extremos, hacer fallar el proyecto.

Este artículo propone la Monitorización Activa del Entorno mediante reglas ECA, que controlan no solamente el estado del proyecto en cada momento, sino también todos los eventos que puedan producirse dentro y fuera del proyecto. Para ello, es necesaria la definición de una serie de reglas que permitan detectar dichos eventos y actuar de manera reactiva frente a ellos. Para permitir a los Agentes utilizar esta funcionalidad se utilizan Reglas ECA (*Event-Condition-Action*). Este tipo de reglas, utilizadas principalmente por sistemas de gestión de bases de datos, proporcionan una funcionalidad reactiva deseable para nuestro sistema. Las reglas ECA “*realizan acciones en respuesta a eventos dados, cuando se dan ciertas condiciones*” [11].

El artículo está estructurado de la siguiente manera: En la sección 2, introducimos el concepto de los eventos, su clasificación y cómo implementarlos usando reglas ECA, para definir en la sección 3 los diferentes eventos posibles en un proceso de gestión del proyecto. En la sección 4 se presentan las conclusiones obtenidas.

## 2 Eventos en Proyectos

Un proyecto es “*un esfuerzo llevado a cabo para crear un producto o servicio único*” [12]. Esta definición describe de manera esencial a un proyecto, aunque existen ciertos matices comunes a muchos proyectos: “...bajo unos recursos limitados, con un calendario y presupuesto que cumplir, y con el producto o servicio con la calidad convenida entre los participantes del proyecto”. Para ello es necesario realizar una Gestión del Proyecto que “*planifique, organice, dirija, y controle los recursos de la compañía para un objetivo a corto plazo relativo que ha sido establecido para*

*cumplir metas y objetivos específicos*” [13]. Si bien es cierto que la planificación, organización y dirección del proyecto son metas relativamente fáciles de gestionar, pero no es así con el control del proyecto.

En Ingeniería del Software que se produzcan eventos es frecuente y lograr manejar estos eventos es fundamental para que el proyecto se complete o no. Por eso es necesario realizar un completo estudio de los eventos que pueden producirse durante el proyecto. Si bien es cierto que actualmente existe una disciplina denominada Gestión de Riesgos, cuya definición es “*el proceso que implica gestionar e implementar decisiones que minimicen los efectos adversos de pérdidas accidentales en una organización*” [14], la propia definición de Riesgo no abarca a todos los eventos, ya que no permite identificar los efectos leves ni positivos que suceden.

Se define evento como “cualquier acción acaecida entre el inicio y la finalización del proyecto, causado tanto de manera interna como externa, que produce un efecto positivo o negativo sobre la planificación, los recursos, los productos o la dirección del proyecto”. En Sistemas de Gestión y Planificación actuales, los únicos eventos contemplados se basan en contemplar si tareas y/o objetivos se cumplen, lo que proporciona una visión parcial del proyecto, y por tanto, solamente permiten una mejora parcial del proceso de desarrollo en proyectos sucesivos. En realidad, realizar una Gestión de Proyectos usando las herramientas descritas en [15] es materialmente imposible, ya que los modelos de representación tradicionales, no pueden expresar ni modelar toda la riqueza de información existente en el proyecto y el entorno.

Desde el punto de vista de la investigación han surgido soluciones para resolver estos problemas mediante Agentes [10]: 1) Generando planes automáticos; 2) Gestionando los compromisos adquiridos; 3) Monitorizando el entorno; 4) Valorando las alternativas; 5) Elaborando Planes dinámicos en tiempo de ejecución; y 6) Coordinando los Agentes. Para trasponer estas guías a la representación, es decir, lo que se conoce como *Workflow Management Systems* (WfMS) [11, 16, 17], son necesarias representaciones más ricas semánticamente, y estructuradas.

Para poder lograr la representación de estos elementos del proyecto, y tener en todo momento la información actualizada, hay que fijarse en los eventos, que pueden dividirse en dos tipos: Eventos Previsibles; y Eventos No Previsibles.

## **2.1 Eventos Previsibles**

Los eventos previsibles se definen como “aquellas acciones previstas, y para los que existe una alternativa en el proceso, los recursos y/o los productos”. Estos eventos pueden ocurrir durante el proyecto tanto de manera interna como externa. Existen dos formas de detectar estos eventos:

- Realizar un estudio previo de riesgos, y mantener los riesgos actualizados.
- Tener una conducta de actuación a la hora que se produzca cualquier acción.

La detección de estos riesgos es relativamente sencilla, porque son eventos que son relativamente probables que sucedan y además, en la mayoría de los casos, se dispone de precedentes que permiten estimar la probabilidad de que éstos sucedan.

## 2.2 Eventos no previsibles

Los eventos no previsibles se definen como “aquellos eventos cuyo suceso no ha sido previsto previamente pero que son detectados inmediatamente”. Estos eventos, con poca probabilidad de suceso, al no estar contemplados, son también difíciles de detectar, y no están presentes en la mayoría de sistemas de gestión de proyectos. Existen dos variantes principales de estos eventos:

- **Eventos con Solución Prevista.** Son aquellos que, aunque no están contemplados como acciones puntuales, tienen alternativas y gestionan la eventualidad cuando ésta sucede. Un ejemplo de estos eventos es cuando entra en una red un virus. La actuación correspondiente será, dependiendo de la virulencia, desinfectar los ficheros infectados, quitar el virus, instalar los parches, etc. En este caso, aunque no se prevé que afecte al desarrollo normal del proyecto, puede que tres o cuatro de este tipo de eventos puedan ir acumulando retrasos al desarrollo de ciertas tareas, lo que provocará, teniendo en cuenta las dependencias, que se retrase el proyecto.
- **Eventos sin Solución Prevista.** Son aquellos que más cuidadosamente deben observarse para que éstos no supongan el inicio del descontrol del proyecto. Primero, porque si se produce un hecho de este tipo es necesario reflejar dicho evento en la representación del proyecto. Segundo, porque si no se busca una solución a dicho evento, no se puede justificar ante el cliente ciertas desviaciones sufridas en el proceso o en los recursos.

Gestionar estos eventos supone incluir ciertas pautas de actuación cuando éstos suceden, y evitar así que el proyecto sufra retrasos en tiempo, coste o recursos por no existir información actualizada del proyecto. Por eso, es necesario que un componente del sistema vigile continuamente la actividad en el proyecto y que informe de ello al sistema. En los años 90 se desarrollaron los Agentes, que gestionan un subconjunto de información del sistema, actuando tanto automáticamente o bajo la dirección de un usuario. Por otra parte, los Agentes permiten abstracciones que comprenden, gestionan y utilizan sistemas complejos de manera efectiva [18].

Para implementar la funcionalidad reactiva de los eventos se utilizan las Reglas Evento–Condición–Acción (ECA), que poseen una sintaxis declarativa de alto nivel que permite una respuesta inmediata (reactiva). Las reglas ECA es un tipo de reglas muy utilizadas en la gestión de bases de datos activas y en WfMS para la ejecución de acciones cuando se produce un evento. Estas reglas están guiadas por la monitorización que proporcionan los Agentes, capaces de capturar los eventos, y enviar una señal al sistema para tomar las medidas correspondientes, por lo que permiten al Agente “*reaccionar a ciertos eventos, bajo ciertas condiciones, a realizar acciones*” [19].

En [11] se describe todo un lenguaje para la definición de reglas ECA. Para adecuar todo este sistema de reglas a la descripción de eventos realizada anteriormente, tenemos que, 1) el sistema de reglas bajo ciertas condiciones podrá realizar una actualización automática de planes, bien mediante alternativas (cuando se disponga de ellas), o bien mediante modificación asistida de los planes (a través de notificaciones); 2) el sistema de reglas permite las notificaciones a los usuarios como acción. 3) Las condiciones permiten tener un control de la flexibilidad de actuación de las reglas, permitiendo tanto un control estricto, como un control relajado.

### 3 Descripción de Eventos en el Proceso de Gestión

La captura de eventos en proyectos no es una tarea sencilla, si se tiene en cuenta que en proyectos de IT que se produzcan eventos es frecuente, por lo que es necesario realizar un estudio de los eventos que se producen, en qué componentes se pueden determinar dichos eventos, y a qué proceso corresponde la detección. En la sección 2 se describen los posibles tipos de eventos que pueden ocurrir. Utilizar esta división en la descripción de los eventos es útil para conocer el conjunto de posibles descripciones de reglas ECA. Por ejemplo, si un proyecto se encuentra en las etapas iniciales, las reglas descritas generalmente corresponden a eventos previsible, mientras que en las fases finales del proyecto, las reglas estarán nutridas también de eventos no previsible, y las acciones realizadas servirán para proyectos posteriores.

Para capturar los eventos asociados a cada evento en el proyecto se debe tener una metodología que permita observar los eventos que influyen en el proyecto. PMBOK [12] se describe como “*el conjunto de conocimiento dentro de la profesión de gestión de proyectos*”, e incluye todos aquellos procesos desde la iniciación hasta el cierre del proyecto, y tiene dos divisiones: por grupos de procesos; y por área de conocimiento. Para la descripción de los eventos se ha seleccionado la división por grupos de procesos ya que describe la secuencia temporal de avance del proyecto.

El estudio se basa en analizar cada interacción de los procesos, y evaluar qué componentes pueden generar eventos al añadirse, eliminarse o modificarse. A efectos de sintaxis del evento existen dos tipos de elementos: los componentes del proyecto (definidos a partir de funciones evaluables); y los documentos (identificables por una @). Las interacciones entre procesos da lugar a una autoalimentación, esto es, las salidas de un proceso corresponden con las entradas de otros procesos. De esta manera, se van describiendo únicamente las interacciones no descritas anteriormente. Por otra parte, se excluyen las interacciones que no producen eventos.

#### 3.1 Procesos de Iniciación

Los Procesos de Iniciación son aquellos que autorizan el comienzo de la gestión del proyecto dentro de un proyecto o fase del proyecto. Este grupo contiene únicamente un proceso: Iniciación, que se puede observar en la tabla 1.

Process	Interaction	Event-Part Syntax
5.1 Initiation	Product Description	[INSERT   UPDATE] @Product_Description (ProductID)
	Strategic Plan	[INSERT   DELETE   UPDATE] Strategic_Goals (...)
	Project Charter (SOW)	[INSERT   UPDATE] @SOW
	Project Manager Identified/Assigned	[INSERT   DELETE   UPDATE] Assignment (ResourceID, ActivityID)

**Tabla 1.** Eventos asociados a las interacciones de los procesos de iniciación.

El proceso de Iniciación comprende cuatro interacciones que pueden producir eventos: Descripción del Producto; Plan Estratégico; *Project Charter*; e Identificación / Asignación del Gestor del Proyecto. La Descripción del Producto es un documento que describe un producto (ProductID), y que sirve como base para la planificación de cómo desarrollar dicho producto, por lo que su modificación o descripción genera un

evento. El Plan Estratégico consiste en definir metas estratégicas, y afecta a las decisiones estratégicas a tomar en el proyecto. La definición, actualización o eliminación de una meta estratégica genera un evento que puede afectar al plan del proyecto. El *Project Charter*, también conocido en otros campos como *Statement of Work (SOW)* determina el trabajo necesario y propuesto. Ya que este documento debe ser aceptado por los *stakeholders*, su creación o actualización produce un evento. La Asignación del Gestor del Proyecto determina un rol para el control de la gestión del proyecto, por lo que se puede generar un evento.

### 3.2 Procesos Principales de Planificación

Los Procesos de Planificación son aquellos que definen y refinan alcance, actividades, costes, recursos, objetivos, alternativas y riesgos del proyecto o fase del proyecto. Este grupo de procesos está complementado por el grupo de procesos auxiliares (sección 4.3). En la tabla 2 se pueden ver los procesos que pueden provocar eventos para la generación o definición de reglas.

Process	Interactions	Event-Part Syntax
5.2 Scope Statement	Scope Statement: Product	[INSERT   DELETE   UPDATE] Product(ProductID, ...)
	Scope Statement: Deliverables	[INSERT   DELETE   UPDATE] Deliverable(ItemID, ...)
	Scope Statement: Objectives	[INSERT   DELETE   UPDATE] Objective(ObjectiveID, ...)
5.3 Scope Definition	Work Breakdown Structure	[INSERT   UPDATE] @WBS [INSERT   DELETE   UPDATE] Activity (ActivityID, ...)
	Activity List	[INSERT   DELETE   UPDATE] Activity (ActivityID, ...)
6.2 Activity Sequencing	Discretionary Dependencies	[INSERT   DELETE   UPDATE] Dependency (ActivityID1, ActivityID2)
	External Dependencies	[INSERT   DELETE   UPDATE] External_Dependency (ActivityID1, ActivityID2)
	Milestones	[INSERT   DELETE   UPDATE] Milestone (MilestoneID)
7.1 Resource Planning	Resource Pool Description	[INSERT   DELETE   UPDATE] Resource (ResourceID)
	Resource Requirements	[INSERT   DELETE   UPDATE] Resource (ResourceID)
6.3 Activity Duration Estimating	Resource Capabilities	UPDATE Resource (ResourceID, ...)
	Activity Duration Estimates	[INSERT   UPDATE] Activity_Duration (ActivityID, ...)
7.2 Cost Estimating	Cost Estimates	[INSERT   DELETE   UPDATE] Cost (ActivityID, ResID.)
11.1 Risk Management Planning	Risk Management Plan	[INSERT   DELETE   UPDATE] Risk(RiskID) <b>Raise (RiskID)</b>
6.4 Schedule Development	Leads and Lags	[INSERT   DELETE   UPDATE] Duration (ActivityID, Time)
	Project Schedule	[INSERT   DELETE   UPDATE] Date (ActivityID, Date)

**Tabla 2.** Eventos asociados a las interacciones de los procesos principales de planificación.

El proceso Declaración del Alcance (*Scope Statement*) refina el alcance del trabajo a realizar para obtener el producto. Las salidas de este proceso afectan de una manera directa en los eventos en tres puntos:

- Producto. En la Declaración del Alcance se incluye un resumen que detalla el producto o servicio a desarrollar, por lo que cualquier operación sobre el producto (inserción, borrado o actualización) puede producir un evento.

- Entregables. Es una lista a modo de sumario de subproductos parciales necesarios tanto de manera interna, como externa. La elaboración y definición de los entregables provoca eventos, ya que estos productos intermedios son también productos, y es posible que el cliente tenga que dar el visto bueno.
- Objetivos. Los objetivos se definen como medidas cuantificables a cumplir para que el proyecto se considere exitoso. La inserción, eliminación, o actualización de los objetivos da lugar a un evento que afecta a nivel global a todo el proyecto.

El proceso Definición del Alcance, tiene como resultado el *Work Breakdown Structure* (WBS), que define una estructura jerárquica de las actividades a realizar en el proyecto. Esta jerarquización de actividades da lugar a nuevos eventos que hay que controlar, ya que afectan al desarrollo del proyecto.

El proceso Definición de Actividades es una extensión del WBS que refina la descripción de las actividades a realizar. De nuevo, este refinamiento puede dar lugar a eventos que deben provocar acciones cuando dichas actividades violen ciertas restricciones u objetivos.

La Secuenciación de Actividades determina el orden de ejecución de las actividades definidas para alcanzar los objetivos, y tener como resultado el producto. Para este proceso tenemos las siguientes interacciones:

- Dependencias Discrecionales. Son las dependencias definidas por el equipo gestor, e implican un conocimiento de la secuenciación de las actividades en proyectos anteriores, por lo que se generan eventos cuando éstas se modifican.
- Dependencias Externas. Son aquellas que pueden provocar eventos no previsibles, y que engloban tanto actividades internas como externas.
- Hitos. Definir, actualizar o eliminar los hitos intermedios en el proyecto produce resultados tanto en la definición de tareas, en el calendario, en el plan, etc.

La Planificación de Recursos determina los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto. Lo ideal sería utilizar solamente los recursos necesarios y que la utilización de éstos sea regular durante todo el desarrollo del proyecto. Pero generalmente los recursos de los que se disponen y la regularidad de éstos pueden estar en conflicto con la disponibilidad o el presupuesto para el proyecto, etc. Se pueden producir eventos al definir, eliminar o modificar tanto la Descripción de Disponibilidad de Recursos, como los Requisitos de Recursos.

La Estimación de Duración de Actividades establece la duración de las actividades basándose en la disponibilidad y habilidades de los recursos humanos. La Estimación de Duración de Actividades establece la duración para las actividades del proyecto, cuya definición o actualización puede provocar un evento.

La Estimación de Costes establece la dotación para cada actividad o grupo de actividades, permitiendo así el cálculo del presupuesto del proyecto. Imputar o modificar el coste a una actividad incluye el coste de los recursos, de la gestión de la actividad, y otros costes externos.

La Planificación de Gestión de Riesgos describe los riesgos que pueden producirse en el proyecto, y por lo tanto, que se alcancen dichos riesgos, producen modificaciones globales en el proyecto. Los riesgos tienen mucho que ver con las reglas, e incluso, se puede realizar una integración de los riesgos, transformándolos en reglas. En este caso, la transformación de estos riesgos, con las actuaciones a tomar sigue la premisa de las reglas ECA: “Cuando se da un evento, bajo ciertas condiciones, entonces realizar una acción”. Si existe una gestión de riesgos

independiente al sistema de reglas, que no puede expresarse a través de estas reglas, se pueden utilizar la sintaxis descrita en la tabla 2, donde el evento está generado por el evento *raise(riskID)*.

El Desarrollo del Calendario establece las fechas de comienzo y fin de las tareas basándose tanto en los recursos, como en las dependencias, como en la duración, etc. Al definir tanto el Calendario del Proyecto o los Retrasos y Adelantos se debe tener en cuenta los eventos que pueden producirse.

### 3.3 Procesos Auxiliares de Planificación

Los Procesos auxiliares de Planificación son aquellos que pueden ser incluidos o no dentro del proyecto. Entre estos procesos se encuentran los criterios de calidad, organización, aprovisionamiento, riesgos y comunicaciones, como puede observarse en la tabla 3.

<i>Process</i>	<i>Interactions</i>	<i>Event-Part Syntax</i>
8.1 Quality Planning	Quality Policy	[INSERT   UPDATE] @Quality_Policy
	Standards & Regulations	[INSERT   DELETE   UPDATE] @Standards
	Quality Management Plan	[INSERT   UPDATE] @QM_Plan
	Operational Definitions	Only Condition-Part
9.1 Organizational Planning	Role and Responsibilities Assignments	[INSERT   DELETE   UPDATE] [Role Responsibility] (ActivityID, ResourceID, [RoleID ResponsibilityID])
	Organization Chart	[INSERT   UPDATE] @Organization_Chart
9.2 Staff Acquisition	Recruitment Practices	[INSERT] Resource (ResourceID, Characteristics)
	Project Staff Assigned	[INSERT   DELETE   UPDATE] Assign (ActivityID, ResourceID)
12.1 Procurement Planning	Procurement Resources	INSERT Activity (Procurement_Study)
		INSERT Assign (ActivityID, ResourceID)
	Procurement Management Plan	[INSERT   DELETE   UPDATE] Procure (Ext_ProductID, Date, Conditions, @Contract, ...)
	Statement of Work (SOW)	[INSERT   DELETE   UPDATE] @SOW
12.2 Solicitation Planning	Procurement Documents	[INSERT   UPDATE] @Procurement_DocumentID
	Procurement Evaluation Criteria	[INSERT   UPDATE] Evaluation (Procurement_Docs_Pool)
10.1 Communications Planning	Communications Requirements	[INSERT   DELETE   UPDATE] Communication (ActivityID, Resource1ID, Resource2ID)
	Communications Management Plan	[INSERT   DELETE   UPDATE] Communication (ActivityID, Resource1ID, Resource2ID)

**Tabla 3.** Eventos asociados a las interacciones de los procesos auxiliares de planificación.

La Planificación de Calidad define las guías para obtener en el proyecto la calidad establecida para dicho proyecto. Para ello, es necesario tener actualizado un documento *@Quality Policy* que determine las intenciones y dirección de una organización en el sentido de la calidad expresado de una manera formal. *@Standards* determina todas aquellas regulaciones y estándares existentes en el campo de actuación del proyecto. Si se establecen estos estándares, aparecen nuevos estándares en el mercado (actualización), o dichos estándares ya no proporcionan ningún valor añadido al proyecto (eliminación) puede dar lugar a un evento. El Plan de Gestión de Calidad determina la planificación de los criterios de calidad determinados por la



Política de Calidad. Las Definiciones Operacionales, que determina cómo medir la calidad en el proceso de control, no proporcionan en sí ningún evento, aunque hay que destacar que pueden definir las condiciones en la definición de reglas.

La Planificación Organizativa es otro proceso que determina “*la identificación, documentación, y asignación de los roles, responsabilidades y relaciones de información del proyecto*”. La Asignación de Roles y Responsabilidades es una salida cuya necesidad de establecer un evento sobre esta operación está clara, debido en gran parte a que se realiza una asignación entre actividad, recurso, y responsabilidad o rol a desempeñar. El Gráfico Organizativo determina los caminos para la distribución de la información y generalmente se encuentra de manera gráfica, y puede ser formal o informal, detallado o general, etc.

La Adquisición de Personal busca resolver el problema de necesidades de personal cuando sea necesario en el proyecto. En las Interacciones, es necesario conocer cuáles son las necesidades de personal, por lo se genera un evento que, una vez definidas o actualizadas estas características o necesidades, puede dar lugar a la toma de decisiones. Una vez concluido el proceso de selección, se procede con la Asignación de Personal, que se realiza mediante la asignación de actividades a los nuevos recursos reclutados, lo que en sí, puede generar un evento.

La Planificación del Aprovisionamiento es el proceso de identificar qué necesidades del proyecto pueden ser realizadas externamente a la organización. Determinar estas necesidades comprende observar los recursos disponibles para cada actividad del proyecto, y si estos recursos son suficientes para realizar las actividades del proyecto. En Recursos de Aprovisionamiento tiene un doble resultado: por una parte se tiene que realizar un estudio de aprovisionamiento para cada actividad para comprobar si es suficiente, y por otra parte, hay que observar las asignaciones que se van realizando a las actividades del proyecto. Una vez disponemos de un Plan de Gestión de Aprovisionamiento, realizar un Aprovisionamiento, cancelarlo, o actualizarlo puede producir un evento. Así mismo, cada producto externo tendrá un SOW que determine los requisitos del producto a desarrollar externamente.

La Planificación de Solicitud determina los criterios de selección y solicitud de los productos externos. Los eventos a definir en este proceso son la creación o actualización de los Documentos de Aprovisionamiento y los Criterios de Selección.

La Planificación de Comunicaciones determina las necesidades de información y comunicación entre los participantes del proyecto. Para ello, es necesario determinar los Requisitos de Información, y el Plan de Gestión de Comunicaciones, que establece métodos y estructuras específicos para la gestión de las comunicaciones, tanto entre miembros del proyecto, con el cliente, con los responsables, etc.

### 3.4 Procesos Principales de Ejecución

Los procesos de ejecución son aquellos encargados de coordinar los recursos para llevar a cabo la ejecución de la planificación realizada en los procesos anteriores. Este grupo de procesos posee tanto procesos principales, como de procesos auxiliares, que se explican en la sección 4.5. Los procesos principales únicamente comprenden un único proceso, la Ejecución del Plan del Proyecto.

Process	Interaction	Event-Part Syntax
---------	-------------	-------------------

4.1 Project Plan Execution	Preventive Action	[INSERT   UPDATE] Preventive_Activity (ActivityID, ...)
	Corrective Action	[INSERT   UPDATE] Corrective_Activity (ActivityID, ...)
	Work Results	[INSERT   UPDATE] @Work_Results (PhaseID)
	Change Request	Implies direct implication

**Tabla 4.** Eventos asociados a las interacciones de los procesos principales de ejecución.

La Ejecución del Plan del Proyecto implica llevar a cabo el plan del proyecto obtenido del conjunto de procesos de planificación. Dependiendo de la naturaleza del proyecto, se ha podido iniciar un proceso de acciones preventivas o correctivas, que tendrán que verse reflejadas en el plan del proyecto. Los Resultados del Trabajo son un resumen de la ejecución de las actividades. El evento definido para estos resultados puede comenzar una fase de análisis. Además, las Notificaciones de Cambios indican cambios propuestos sobre el plan del proyecto.

### 3.5 Procesos Auxiliares de Ejecución

Los procesos auxiliares en la ejecución son aquellos que implican tanto la aseguración de la calidad, como el desarrollo de equipos de trabajo, así como el proceso de aprovisionamiento, y los eventos asociados se observan en la tabla 5.

Process	Interaction	Event-Part Syntax
8.2 Quality Assurance	Results of Quality Control Measurements	Condition-part queries
	Quality Improvements	[INSERT   DELETE   UPDATE] Quality_Activity (ActivityID, ...)
9.3 Team Development	Performance Improvements	UPDATE Resource (ResourceID, [TeamSkills Skills])
12.3 Solicitation	Qualified Seller List	[INSERT   UPDATE] @Vendors (ActivityID)
	Proposals	[INSERT   UPDATE] @Proposals (ActivityID)
12.4 Source Selection	Contract	[INSERT   UPDATE] @Contract (ActivityID)
12.5 Contract Administration	Change Request	[INSERT   UPDATE] Change_Request(@Document)
	Seller Invoices	[INSERT   UPDATE] Invoice (InvoiceID, ActivityID)
	Changes	UPDATE [Activity ()   Resource ()   Cost ()   Assignment ()   Product ()   Deliverable ()   ...]
	Payment Request	[INSERT   UPDATE] Milestone (@Contract, Payment, Date)

**Tabla 5.** Eventos asociados a las interacciones de los procesos auxiliares de ejecución.

La Aseguración de la Calidad consiste en ejecutar las actividades planificadas relacionadas con el cumplimiento de los criterios de calidad. Los Resultados de Medición del Control de Calidad son buenas variables para la parte condición de las reglas. Sin embargo, las Mejoras de Calidad pueden implicar una reestructuración del plan del proyecto.

El Desarrollo del Equipo proporciona una medida de acoplamiento entre componentes del equipo. La Mejora del Rendimiento es un resultado de este proceso, donde se describen las habilidades adquiridas, tanto individuales como de equipo, por los componentes del equipo.

La Solicitud implica obtener propuestas de terceros para el desarrollo de ciertos productos para cumplir las necesidades del proyecto. Para ello, primero se debe tener

una lista de proveedores que puedan realizar este tipo de tareas, y luego, una vez solicitada la información, se obtendrán cada una de las propuestas obtenidas. Tanto la Lista de Proveedores Cualificados, como las Propuestas de éstos, generan eventos, debido a que la disposición de esta información puede ser vital para la continuidad del proyecto, aunque a priori no indique ninguna toma de decisiones.

La Selección del Proveedor indica la toma de decisiones, determinado por las salidas del proceso Solicitud, y realizada la selección, se establece un @Contrato.

Finalmente, el proceso de Administración de Contratos comprende la aseguración de que el proveedor cumple con los requisitos establecidos en el contrato. Para ello, pueden existir Peticiones de Modificación, que afectarán tanto al contrato, como al Plan. Los Cambios realizados generan un evento, ya que pueden afectar tanto al Plan como al Contrato. Por otra parte, como parte del contrato, el proveedor puede solicitar pagos parciales o totales, que establecen facturas a pagar, e hitos para cumplir con los pagos, en su caso.

### 3.6 Procesos Principales de Control

El proceso de control comprende a todos aquellos procesos encargados de monitorizar y asegurar la continuidad del proyecto. Para ello, todas las interacciones de salida de los procesos anteriores (iniciación, planificación y ejecución) tienen que ser evaluados para comprobar si son válidos con el desarrollo actual del proyecto, o si en cambio, son necesarios modificaciones. El proceso de Control se divide en Procesos Principales y Procesos Auxiliares (que detallaremos en la sección 4.7).

Los procesos principales que pueden generar eventos son dos: Informes de Rendimiento; y Control Integrado de Cambios, como se puede observar en la tabla 6.

<i>Process</i>	<i>Interaction</i>	<i>Event-Part Syntax</i>
10.3 Performance Reporting	Performance Reports	[INSERT   DELETE   UPDATE] @Performance_Docs
4.3 Integrated Change Control	Project Plan Updates	UPDATE @Project_Plan
	Lessons Learned	[INSERT   UPDATE] @Lessons_Learned

**Tabla 6.** Eventos asociados a las interacciones de los procesos principales de control.

Los Informes de Rendimiento se encargan de evaluar el rendimiento global del proyecto frente a la planificación realizada, y almacenar dichos documentos como parte del proyecto.

El proceso Control Integrado de Cambios engloba a todas las peticiones de modificaciones en el proyecto:

- Actualizaciones del Plan del Proyecto. Cuando el Plan realizado en el proceso de planificación no coincide con el desarrollo actual o hay previsión de que no se cumpla dicho plan en un futuro próximo, se van realizando desde distintos procesos peticiones de cambios. Estas peticiones de cambio, una vez autorizadas, implican cambios en el plan del proyecto.
- Lecciones Aprendidas. Realizar cambios sobre el proyecto también sirve como lección para próximos proyectos. Lecciones Aprendidas es un conjunto de documentos resultado que permiten un análisis posterior de los errores cometidos en la planificación del proyecto.

### 3.7 Procesos Auxiliares de Control

Los procesos auxiliares de control son los relacionados con el control del ámbito, el calendario, el coste, la calidad y los riesgos. La mayoría de estos procesos incurren en actualizaciones de los componentes del proyecto, ya incluidos en procesos anteriores bajo operaciones de actualización (*UPDATE*). Sin embargo, dentro de estos procesos auxiliares de control también existen nuevos elementos que pueden provocar que surjan eventos de ellos, como la Verificación del Ámbito, el Control de Calidad o la Monitorización y Control de Riesgos, como se puede observar en la tabla 7.

<i>Process</i>	<i>Interaction</i>	<i>Event-Part Syntax</i>
5.4 Scope Verification	Formal Acceptance	[INSERT   UPDATE] @Acceptance (ActivityID)
8.3 Quality Control	Rework	[INSERT   UPDATE] Activity (ActivityID, ...)
11.6 Risk Monitoring and Control	Additional Risk Identification and Analysis	[INSERT   UPDATE] Risk (RiskID, ...)
	Workaround Plans	[INSERT   UPDATE] Risk (RiskID,@Response_Plan)

**Tabla 7.** Eventos asociados a las interacciones de los procesos auxiliares de control.

La Verificación del Ámbito consiste en una aceptación formal de los productos, entregables y resultados obtenidos por parte de los componentes del proyecto (*stakeholders*). Esto se traduce en un documento, que denominamos @Acceptance.

El Control de Calidad determina si una actividad o conjunto de actividades, cumple los criterios de calidad establecidos. En caso de no cumplir dichos criterios de calidad, podría ser necesario una re-ejecución de dicha tarea. Esta actualización de la actividad con los nuevos parámetros (de tiempo, de asignación, etc.) puede producir un evento.

La Monitorización y Control de Riesgos es el proceso que mantiene actualizados los posibles riesgos, detecta los riesgos que se producen e identifica los nuevos riesgos que pueden producirse según avanza el proyecto. Esta inclusión de nuevos riesgos en el sistema también tiene asociado su correspondiente evento. Por otra parte, los Planes Alternativos asociados a un riesgo es una actividad continua durante los proyectos, y que genera eventos, ya que puede entrar en conflicto con los objetivos y/o recursos disponibles en el proyecto.

### 3.8 Procesos de Cierre

El Proceso de Cierre comprende las actividades para dar por finalizado un proyecto o fase del proyecto de una manera formal, dando por terminado dicho proyecto o fase del proyecto. Este proceso de cierre se compone de dos procesos: Finalización del Contrato y Clausura Administrativa, como se puede observar en la tabla 8.

<i>Process</i>	<i>Interaction</i>	<i>Event-Part Syntax</i>
12.6 Contract Closeout	Formal Acceptance and Closure	[INSERT   UPDATE] @Closure (ContractID)
10.4 Administrative Closure	Product Documentation	[INSERT   UPDATE] Documentation (ProductID, @Documentation)

**Tabla 8.** Eventos asociados a las interacciones de los procesos de cierre.

El proceso Finalización del Contrato implica la comprobación de que el producto verifica los términos del contrato, y por lo tanto, se puede proceder con la finalización

formal del contrato. Esta clausura del contrato es un documento formal o informal, asociado a un contrato cuya actualización o inserción puede suponer un evento.

El proceso Cierre Administrativo comprende actualizar toda la información asociada del proyecto y almacenarla (informática o físicamente). Este cierre administrativo comprende tanto la inserción y actualización de documentación asociada al producto desarrollado, y puede generar un evento.

## 4 Conclusiones

El estudio de eventos en un proyecto, sobre todo en el desarrollo en Ingeniería del Software, es muchas veces fundamental tanto para la Gestión del Proyecto, como para el éxito del proyecto. En este artículo se han estudiado los posibles tipos de eventos que pueden surgir, entre los que se encuentran la gestión de eventos previsible, esto es, conocidos de antemano y que pueden surgir o no, y la gestión de eventos no previsible, entre los que diferenciamos aquellos que tienen solución conocida, debido a que se han producido con anterioridad o a que se ha buscado una solución previamente al suceso del evento, y los que no tienen solución conocida. Estos últimos, al no tener la solución cuando se produce el evento, son difíciles de hallar, y la búsqueda de una solución debe ser inmediata, para que el impacto del evento sea mínimo en el desarrollo del proyecto.

Una forma de poder solucionar los efectos no deseados de los eventos es controlarlos, pero para ello, se necesita un sistema reactivo. Para implementar dicho sistema reactivo, y por lo tanto obtener una Gestión Activa de los Eventos, se utilizan las reglas ECA (Evento – Condición – Acción), que proporcionan dicha funcionalidad reactiva utilizando reglas mediante la utilización de Agentes.

Finalmente se exponen los posibles eventos que pueden producirse en la gestión de un proyecto basándose en los procesos definidos en el PMBOK [12], que determina todos los factores que se tienen en cuenta en un proyecto. Basándose en las interacciones de cada uno de los procesos, se establece una sintaxis que permite tanto identificar todos los eventos que pueden producirse en un proyecto (tanto previsible como no previsible), como establecer una implementación de los eventos.

Utilizar un sistema de esta complejidad permite no sólo mantener en todo momento bajo control todas las actividades, recursos, calendarios, etc., sino que con ello se facilita la construcción de un sistema activo que reacciona frente a nuevos eventos no previstos, y que pueden solventarse tan pronto como estos eventos se produzcan.

## Referencias

- [1] Primavera Project Planner (P3). <http://www.primavera.com/products/p3.html>
- [2] Unicenter Enterprise Management. <http://www3.ca.com/Solutions/Solution.asp?id=315>
- [3] Microsoft Project 2003. <http://www.microsoft.com/office/project/prodinfo/default.msp>
- [4] "MILOS and MASE: Past & Present". M. Ritcher, F. Maurer. 22/08/2003. <http://mase.cpsc.ualgary.ca/MASE/Wiki.jsp?page=Publications>

- [5] “Enhancement of Workflow Flexibility by Composing Activities at Run-time”. S. Deng, Z. Yu, Z.H. Wu, L.C. Huang. SAC 2004: 667-673. Nicosia, Cyprus. 2004.
- [6] “Supporting Adaptable Methodologies to Meet Evolving Project Needs” S. Henninger, A. Ivaturi, K. Nuli, A. Thirunavukkaras. Proceedings of XP/Agile Universe 2002. Springer.
- [7] BORE Homepage. <http://cse-ferg41.unl.edu/bore.html>
- [8] XPlanner Home. <http://www.xplanner.org/>
- [9] Agile Development Management Simplified – VersionOne. <http://www.versionone.net/>
- [10] “There’s More to Life than Making Plans: Plan Management in Dynamic, Multi-agent Environments”. Martha E. Pollack, John F. Harty. AI Magazine, 20 (4): 71-83. Winter 1999.
- [11] “An Event-Condition-Action Language for XML”. J. Bailey, A. Poulouvassilis, P. Wood. International World Wide Web Conferences (WWW 2002): 486-495. Honolulu, USA. 2002.
- [12] A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). 2000 Edition. Publisher: Project Management Institute, Inc.
- [13] “Project Management. A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling” Harold Kerzner. 5<sup>th</sup> Edition. Ed. ITP / Van Nostrand Reinhold. 1995.
- [14] Risk Management: About Risk Management. <http://riskmanagement.rice.edu/about.cfm>
- [15] “Current practice in project management – an empirical study”. D. White, J. Fortune. International Journal of Project Management, 20 (1): 1–11. January, 2002.
- [16] “Software Process Support over the Internet”. F. Maurer, G. Succi, H. Holz, B. Kötting, S. Goldman, B. Dellen. ICSE 1999: 642-645. Los Angeles, USA. 1999.
- [17] “COGENT: Cognitive Agent to Amplify Human Perception and Cognition”. S. Das, D. Greco. Agents 2000: 443-450. Barcelona, Spain. 2000.
- [18] “Internet Based Agents: Applications and Infrastructure”. M.P. Singh, M.N. Huhns. IEEE Internet Computing, 1 (4): 8-9. July, 1997.
- [19] “Active Database Systems”. U. Dayal, E.N. Hanson, J. Widom. Modern Database Systems: The Object Model, Interoperability, and Beyond. ACM Press and Addison-Wesley 1995, ISBN 0-201-59098-0. Won Kim (ed.): 434 – 456.