

SYPAM: Formalización de la participación de los expertos y usuarios en el desarrollo de un SBC

S. T. Acuña y A. Sierra-Alonso

Departamento de Ingeniería Informática, Escuela Politécnica Superior, Universidad Autónoma de Madrid, Avda. Francisco Tomás y Valiente 11, 28049 Madrid, España
{silvia.acuna, Almudena.sierra}@ii.uam.es

Resumen. Este artículo propone una metodología participativa para modelar sistemas basados en conocimiento (SBC). Esta metodología, llamada SYPAM, formaliza la participación de los usuarios, expertos y directivos junto con los desarrolladores implicados en el desarrollo del sistema en todas las etapas de la metodología. Uno de los principales aspectos relacionados con esta participación es la etapa de asignar personas a roles para formar el equipo de trabajo. Sin embargo, a pesar de su importancia, esta etapa no se realiza de manera sistemática. SYPAM incluye un método para asignar personas a roles según las capacidades de las personas y las capacidades requeridas por cada rol. Además, se presenta un caso de estudio para ilustrar cómo se aplican los métodos y técnicas propuestos por SYPAM para realizar dicha tarea de asignación. En el problema tratado la metodología SYPAM es satisfactoria facilitando la adquisición, organización y comprensión de la información a lo largo del desarrollo del sistema. Facilita también el proceso de modelado al ser realizado por personas que desempeñan roles de acuerdo a sus capacidades.

Palabras clave: sistema basado en conocimiento, metodología participativa, capacidades humanas, ajuste persona-rol, formación de equipos.

1. Introducción

La mayor parte de los sistemas que se desarrollan tratan de resolver problemas en dominios que normalmente son desconocidos para los desarrolladores. El conocimiento de estos dominios suele ser una tarea difícil para el desarrollador. Para lograr este conocimiento se hace imprescindible la participación de expertos, usuarios y directivos que conocen bien el problema y el entorno y que ayudan al desarrollador allí donde éste desconoce el dominio (Kotonya & Sommerville, 1998; Davis, 1993).

Pero esta participación se reduce normalmente a las etapas de elaboración de requisitos en la ingeniería del software y adquisición de conocimientos en la ingeniería del conocimiento. Es opinión de los autores que esta participación debe extenderse a todas las etapas del desarrollo, comenzando con una asignación de roles sistematizada. El problema es que no está formalizado ni estructurado el modo de realizar dicha interacción: quién debe realizar cada rol, cómo asignar personas a roles, con quién hay que trabajar en cada momento, qué tipo de reuniones dará mejores resultados, en qué actividades se debe producir la interacción con usuarios, expertos o directivos o todos ellos, etc.

Este proceso de asignación de personas a roles es de importancia incuestionable. Prueba de esto es, por ejemplo, que es parte de las áreas de proceso de los Niveles 2 y 3 del People-CMM (Curtis et al., 2001). Sin embargo, hay una escasez significativa de mecanismos formalizados para realizar esta actividad. Generalmente, la asignación de individuos a roles no se hace de forma sistemática en el desarrollo de software. La asignación intuitiva no formaliza las habilidades y capacidades de los miembros del equipo de desarrollo para garantizar que el equipo sea eficiente y efectivo. Esta forma de hacer las cosas en el campo del desarrollo de software contrasta con el proceso seguido en otras organizaciones productivas, donde se vienen aplicando métodos de psicología ocupacional desde los años 50 para identificar las capacidades del personal y asignar eficientemente las tareas a los individuos (Janz et al., 1986; West, 1991). Estos métodos basados en capacidades examinan las características de los individuos que les hacen aptos para realizar cierta actividad. Identificando las capacidades necesarias para tener buenos resultados en cierta actividad se pueden establecer modelos que nos ayuden a establecer procedimientos para asignar personal a los roles que se adaptan mejor a sus capacidades.

Este artículo presenta una metodología participativa, SYPAM, que trata de cubrir los aspectos mencionados: a) la formalización y estructuración de la participación de usuarios, expertos y directivos en la construcción de sistemas basados en conocimiento en todas las etapas del desarrollo, y b) la modelización de las capacidades de las personas para asignar personas a roles siguiendo un enfoque orientado a las capacidades. La participación es un requisito fundamental que asegura la continuidad y robustez del proyecto. La metodología trata de mejorar la cooperación entre los usuarios y desarrolladores. El resultado es la mejora de la productividad y de la calidad.

Para ilustrar el uso de la metodología, en este artículo se presenta como caso de estudio un prototipo de demostración de un SBC. Se pretende mostrar cómo se aplican los métodos y técnicas propuestos por SYPAM. Nos centraremos en los métodos y técnicas que tienen que ver con el aspecto participativo de la metodología, sin perjuicio de otros métodos y técnicas que fueran necesarios para ilustrar aquéllos. El sistema desarrollado ayuda a identificar plagas de insectos que afectan a los cultivos de algodón en Santiago de Estero, Argentina, y ayuda a tomar decisiones sobre cómo controlar las plagas.

El resto del artículo se estructura de la siguiente manera. La sección 2 trata los trabajos relacionados. La sección 3 da una visión general de la metodología propuesta. La sección 4 describe la realización de un caso de estudio, haciendo hincapié en las etapas participativas de la metodología. Finalmente la sección 5 expone algunas lecciones aprendidas y las conclusiones.

2. Trabajos relacionados

Puesto que el caso de estudio a desarrollar es un SBC esta sección se centra en los trabajos desarrollados para construir este tipo de sistemas. Cuando se desarrolla un SBC, el conocimiento adquirido debe ser transformado antes de llevarlo a la computadora. Esta transformación se divide en dos fases: 1) generación de un modelo conceptual en el dominio del problema y 2) generación de un modelo formal, a partir del

modelo conceptual, en el dominio de la solución. Algunos de los objetivos del modelo conceptual son: conocer y entender el problema y su entorno, adquirir los conocimientos del experto y especificar el comportamiento del experto (Acuña & Juristo, 1996). La verificación y validación del conocimiento representado en el modelo es crucial puesto que el modelo contiene el conocimiento que contendrá el sistema. Por tanto, una cooperación apropiada entre los usuarios, expertos y desarrolladores llevará a un sistema que pueda hacer frente a la complejidad y dinamicidad de los requisitos. Tomando una aproximación participativa a la cooperación podemos considerar que:

- Usuarios y expertos deben tener responsabilidades asignadas. Su participación en el desarrollo del modelo conceptual mejora la calidad del proceso y el producto.
- En el proceso de modelado del conocimiento se necesita conocer el punto de vista de los usuarios y expertos para asegurar que el sistema será aceptado. Ambos pertenecen al contexto organizativo que determina la viabilidad técnica y cultural.
- Los usuarios y expertos junto con los desarrolladores deben realizar tareas según sus capacidades y las capacidades requeridas por cada tarea.

Por tanto, los métodos de conceptualización que guían la construcción del modelo conceptual son tan importantes como el modelo mismo. En esta sección, se analiza cómo algunos métodos de modelado del conocimiento modelan la participación de los expertos, usuarios y clientes en el proceso de desarrollo. Los métodos analizados se enumeran en la primera columna de la Tabla 1.

Metodología	Participación del experto/usuario/cliente
Commet (Steels, 1990)	Como experto en el dominio. En la evaluación del sistema ejecutando casos de prueba.
CommonKADS (Schreiber et al., 1999)	Como experto en el dominio. En la evaluación del sistema ejecutando casos de prueba.
PROTÉGÉ (Grosso et al., 1999)	Como experto en el dominio. En la evaluación del sistema ejecutando casos de prueba.
MIKE (Angele et al., 1998)	Como experto en el dominio. En la evaluación del sistema ejecutando casos de prueba.
KSM (Molina et al., 1997)	Como experto en el dominio. En la evaluación del sistema ejecutando casos de prueba.
IDEAL (Gómez et al., 1997)	Como experto en el dominio. En el análisis de viabilidad (usuario y cliente). En la evaluación del sistema ejecutando casos de prueba.

Tabla 1. Participación de los expertos/usuario/clientes en las metodologías analizadas.

Como conclusión se puede decir que se observa una falta de participación explícita a lo largo de todo el proceso. Dicha participación queda prácticamente confinada a la adquisición de conocimientos con el experto, pero los usuarios y clientes no son explícitamente considerados. También se tiene en cuenta la participación del experto a la hora de ejecutar casos de prueba para evaluar el sistema construido. IDEAL además, tiene en cuenta al cliente y al usuario en el análisis de viabilidad del sistema.

Por tanto, hay una necesidad de dar al desarrollador un método que le ayude en las distintas actividades de desarrollo de un sistema y que tenga en cuenta, de forma explícita, la participación de usuarios, expertos y directivos para tener mayores garantías de éxito, en concreto la asignación de personas a roles al comienzo del desarrollo

de software. La metodología SYPAM propuesta en este trabajo, y descrita en los apartados siguientes, trata de cubrir esta carencia.

3. Metodología participativa para modelar un SBC: SYPAM

SYPAM fomenta la participación de los usuarios, expertos y directivos involucrados en un proyecto software junto con los desarrolladores. Esta participación mejora la identificación y definición de los requisitos y la realización de los modelos conceptual y formal, que se realizan de forma iterativa e incremental.

La metodología SYPAM propone un ciclo de vida iterativo dividiendo el desarrollo del SBC en seis fases, cada una de ellas con los siguientes objetivos:

FASE 0: “Identificar y formular el problema”

FASE 1: “Describir la funcionalidad del sistema y listar los requisitos establecidos por el grupo”

FASE 2: “Diseñar un prototipo de demostración del sistema”

FASE 3: “Diseñar un modelo de investigación”

FASE 4: “Diseñar un modelo de campo”

FASE 5: “Diseñar un modelo operativo”.

Para alcanzar los objetivos de cada fase se prescriben una serie de etapas y subetapas. En la primera columna de la Tabla 2 se enumeran dichas etapas y subetapas. En el resto de columnas de dicha tabla se establece qué etapas y subetapas es necesario realizar para lograr los objetivos antes enunciados para cada fase. Como se puede observar algunas de las etapas y subetapas se repiten en cada una de las fases, siguiendo así el proceso iterativo.

Etapas/Subetapas	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5
<i>I. ANÁLISIS PRELIMINAR</i>						
I.1. Estudio preliminar y diagnóstico de la situación	X	X	X	X	X	X
I.2. Estudio de viabilidad		X	X	X	X	X
<i>II. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO Y FORMACIÓN DEL EQUIPO</i>	X		X	X	X	X
<i>III. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA</i>						
III.1. Análisis y especificación de requisitos		X	X	X	X	X
III.2. Adquisición del conocimiento	X	X	X	X	X	X
III.3. Conceptualización del conocimiento			X	X	X	X
III.4. Formalización del conocimiento			X	X	X	X
III.5. Implementación e integración del sistema			X	X	X	X
<i>IV. EVALUACIÓN INTEGRAL</i>						
IV.1. Evaluación del producto	X	X	X	X	X	X
IV.2. Evaluación del equipo			X	X	X	X

Tabla 2. Etapas y subetapas de SYPAM por cada fase.

SYPAM presenta las siguientes características:

1. Como el equipo juega un papel fundamental, existen etapas explícitas relacionadas con este aspecto: Formación del equipo y Evaluación del equipo. En concreto, para formar el equipo se evalúan las capacidades de las personas involucradas en

el equipo, se caracterizan los roles y se asignan las personas a los roles o tareas software según las capacidades que tienen las personas y las capacidades requeridas por los roles.

2. Para el resto de subetapas la participación de usuarios, expertos y directivos se explicita como se describe a continuación:
 - En las subetapas I.1, III.1 y III.2 la participación de usuarios, expertos y directivos se lleva a cabo en el contexto de las técnicas de educación de conocimientos y adquisición de requisitos.
 - En la etapa III.3 los usuarios, expertos y directivos colaboran en la elaboración del modelo conceptual. Esta colaboración es posible gracias a que el lenguaje utilizado en la conceptualización del conocimiento es cercano al dominio de la aplicación y puede ser entendido por usuarios, expertos y directivos.
 - En la etapa IV.1 la participación de usuarios, expertos y directivos se realiza en la selección y elaboración de los casos de prueba y en la ejecución de dichas pruebas con el sistema construido. Los expertos además, participan en las inspecciones realizadas sobre todos los modelos elaborados para asegurar la satisfacción de los requisitos técnicos.
3. La metodología propuesta se centra en las capacidades para facilitar la comunicación en el equipo de trabajo formado por desarrolladores, usuarios, expertos y directivos. Las sesiones de trabajo en grupo sirven para coordinar las actividades de los miembros del equipo.

En los apartados siguientes se describen más ampliamente las etapas y subetapas que tratan los aspectos participativos de SYPAM, Formación de Equipos (secciones 3.1, 3.2 y 3.3) y Evaluación de Equipos (sección 3.4).

3.1. Caracterización de las personas

Hay muchos tests para estudiar la personalidad de los individuos. Uno de los más usados es el test 16 PF-5 propuesto por Russell y Karol (1994). Este test evalúa 16 rasgos de la personalidad tales como razonamiento, estabilidad emocional, etc.

El objetivo principal de la asignación sistemática de personas a roles es identificar los roles que mejor se adaptan a cada individuo dependiendo de sus características psicológicas. Pero el test se relaciona con los rasgos de la personalidad de las personas, no con sus ocupaciones. Por tanto, es necesario determinar qué características psicológicas se requieren en un individuo para tener ciertas capacidades para realizar un trabajo. Los psicólogos han realizado listas de capacidades estándares (Moses & Byham, 1997; Boam & Sparrow, 1992) a ser refinadas para cada dominio de trabajo. En el área del desarrollo de software esta es una cuestión abierta y no hay conjuntos estándares de capacidades aceptados por la comunidad. A continuación se presenta un conjunto de capacidades seleccionadas de listas de capacidades, después de varias entrevistas con líderes de compañías donde se llevó a cabo la experiencia. Esta lista puede servir como base a las organizaciones de software que intenten asignar personas a roles sistemáticamente. Las capacidades adaptadas al software se han clasificado en cuatro categorías:

- Habilidades intrapersonales: análisis, decisión, independencia, innovación/creatividad, juicio, tenacidad, tolerancia al estrés.
- Habilidades organizativas: autoorganización, gestión del riesgo, conocimiento del entorno, disciplina, orientación ambiental.
- Habilidades interpersonales: servicio al cliente, negociación, empatía, sociabilidad, trabajo en equipo/cooperación.
- Habilidades directivas: evaluación de colaboradores, liderazgo de grupos, planificación y organización.

La Tabla 3 muestra la relación entre las capacidades anteriores y algunos de los rasgos analizados en el test 16 PF-5.

Escala y Dimensiones del 16 PF-5	Polos (-) y (+)	CAPACIDADES																		
		Habilidades Intrapersonales							Habilidades Organizativas				Habilidades Interpersonales			Habilidades Directivas				
		Análisis	Decisión	Independencia	Innovación/creatividad	Juicio	Tenacidad	Tolerancia al estrés	Auto-organización	Gestión del riesgo	Conocimiento del entorno	Disciplina	Orientación ambiental	Atención al cliente	Capacidad de negociación	Empatía	Sociabilidad	Trabajo en equipo/cooperación	Evaluación de los colaboradores	Liderazgo de grupos
Afabilidad	A-																			
	A+												X	X	X	X				
Razonamiento	B-																			
	B+	X				X			X											
Estabilidad	C-																			
	C+						X													
Dominancia	E-																			
	E+			X																X
Animación	F-																			
	F+																			

Tabla 3. Correspondencia entre los rasgos de personalidad del test 16PF-5 y las capacidades software propuestas.

Para caracterizar las capacidades de una persona se le realiza el test de personalidad y siguiendo la Tabla 3 se educen sus capacidades. Las capacidades son después validadas por psicólogos mediante entrevistas focalizadas.

3.2. Caracterización de los roles

La identificación de los roles requeridos en un desarrollo depende del tipo de proyecto. En el marco de SYPAM, los roles se muestran en la primera columna de la Tabla 4. La justificación para esta asignación de capacidades se detalla en (Acuña, 2002). Para cada rol de la metodología se han definido las capacidades necesarias para realizar con éxito las actividades asociadas a cada etapa. Las capacidades propuestas son obligatorias para cada rol. No obstante, la persona asignada podría tener otras capacidades. Cada una de las capacidades tiene un peso: alto (H) o medio (M). Este peso indica el nivel requerido de dicha capacidad para realizar la tarea o rol.

ETAPA/SUB-ETAPA	ROLES	CAPACIDADES																			
		Habilidades Intrapersonales							Habilidades Organizativas			Habilidades Interpersonales			Habilidades Directivas						
		Análisis	Decisión	Independencia	Innovación/Creatividad	Juicio	Tenacidad	Tolerancia al estrés	Auto-organización	Gestión del riesgo	Conocimiento del entorno	Disciplina	Orientación ambiental	Atención al cliente	Capacidad de negociación	Empatía	Sociabilidad	Trabajo en equipo/Cooperación	Evaluación de los colaboradores	Liderazgo de grupos	Planificación y organización
ANÁLISIS PRELIMINAR																					
Estudio preliminar y diagnóstico de la situación	Analista del dominio organizacional	H	M	M	H	M		M							M	M	M	H			
Estudio de viabilidad	Analista de viabilidad	H	M	M	H	M		M							M	M	M	H			
PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO																					
FORMACIÓN DEL EQUIPO	Planificador	H	H	M	M	H		H	M	H				M				H	M	H	H
GESTOR DEL EQUIPO	Gestor del equipo	H	M		M			M			M			M	M	M	H	H	H	H	H
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA																					
Análisis y especificación de requisitos	Especificador de requisitos	H				H		M						M	H		M	M	H		
Adquisición del conocimiento	Elicitador	H	M		M			M			M			M	M	M	H	H	H	H	H
Conceptualización del conocimiento	Analista del conocimiento	H				H		M			M			M	H		M	M	H		
Formalización del conocimiento	Diseñador	H	H	M				M	H					M	M		M	M			
Implementación e integración del sistema	Implementador	H	H	M				M	M	H				M	M		M	M			
EVALUACIÓN INTEGRAL																					
Evaluación del producto	Validador			M		M		M	H					H	M		M	H			
Evaluación del equipo y metodología	Evaluador	H	H	M	M			M	M					M		M	H	M	H	H	H

Tabla 4. Relación entre capacidades y roles de SYPAM.

3.3. Asignación de las personas a roles

Para asignar los individuos a los roles se propone el uso del ratio de las capacidades satisfechas por cada individuo en proporción a las capacidades requeridas por cada rol. La mayor de estas proporciones para un individuo y rol, será la mejor asignación. El valor específico del ratio a usar depende de las características de cada organización y de los recursos requeridos y disponibles. En este caso, se decidió mediante análisis de ajustes y reuniones de expertos que el ratio capacidades satisfechas/capacidades requeridas debería ser mayor que el 60% para que un individuo se asigne a un rol. Si el ratio está entre 40% y 60% y no hay individuos mejores la persona podría asignarse a ese rol, pero necesitaría de programas de entrenamiento para desarrollar las capacidades requeridas. Finalmente, se asumiría un riesgo importante si un individuo con ratio menor que 40% se asignara a ese rol.

La Tabla 5 muestra un ejemplo. En la columna correspondiente a las capacidades se han destacado en negrita las capacidades que posee la persona. Las dos últimas columnas muestran la proporción capacidades satisfechas/requeridas y el ratio final. Los roles más adecuados para esta persona son los de Diseñador e Implementador. Después de aplicar la matriz de relaciones entre roles y capacidades y de tener un conjunto de candidatos para cada rol, es necesario considerar otros aspectos tales como experiencia técnicas de las personas asignadas, la familiaridad con el dominio de la aplicación, la compatibilidad entre los miembros del equipo, etc.

3.4. Evaluando la participación del equipo

El proceso metodológico y el nivel de participación de los miembros del equipo se establecen con el objetivo de mejorar tanto el proceso y la gestión como la coordinación y comunicación en el equipo de trabajo. Los pasos para la evaluación (Patton, 1990) se llevan a cabo como se describe a continuación.

ROLES	CAPACIDADES														CAPACIDADES SATISFECHAS / CAPACIDADES REQUERIDAS	PORCENTAJE DE ASIGNACIÓN						
	Habilidades Intrapersonales						Habilidades Organizativas				Habilidades Interpersonales			Habilidades Directivas								
	Análisis	Decisión	Independencia	Innovación/Creatividad	Juicio	Tenacidad	Tolerancia al estrés	Auto-organización	Gestión del riesgo	Conocimiento de entorno	Disciplina	Orientación ambiental	Atención al cliente	Capacidad de negociación			Empatía	Sociabilidad	Trabajo en equipo/Cooperación	Evaluación de los colaboradores	Liderazgo de grupos	Planificación y organización
Analista del dominio organizacional	H	M	M	H	M	M				H				M	M	M	H				4/11	36%
Analista de viabilidad	H	M	M	H	M	M				H				M	M	M	H				4/11	36%
Planificador	H	H	M	M	H	H		M				M		H	M	H	M	H	H		6/15	53%
Gestor del equipo	H	M		M		M		M			M	M	H	H	H	H	H	H	H		5/14	38%
Especificador de requisitos	H				H	M					M	H		M	M	H					3/8	38%
Elicitador	H	M		M		M			M		M	M	M	H	H	H	H	H	H		5/14	36%
Analista del conocimiento	H				H	M					M	H		M	M	H					3/8	38%
Diseñador	H	H	M			M	M	H			M	M		M	M						6/10	60%
Implementador	H	H	M			M	M	H			M	M		M	M						6/10	60%
Validador		M		M		M		H			H	M		M		H					4/8	50%
Evaluador	H	H	M	M		M		M			H	M		M	H	M	H	H			6/12	50%

Tabla 5. Asignación de una persona a roles.

PASO 1: Definición del objetivo. En este paso se identifican y formulan en forma participativa, con todos los miembros del equipo de trabajo, el árbol de objetivos de participación del proyecto de desarrollo del sistema software, donde se consignan los objetivos de alto nivel y los subobjetivos de niveles más bajo hasta arribar a objetivos metas a alcanzar durante todo el desarrollo del sistema software.

PASO 2: Aspectos a evaluar. Se define qué se evaluará. En SYPAM, se evalúan:

- La participación de usuarios, expertos y directivos.
- El nivel de satisfacción de los miembros del equipo con el software desarrollado.
- El nivel de coordinación y comunicación del equipo de trabajo.

PASO 3: Selección de técnicas de valoración. En esta metodología, se usa un cuestionario, puesto que es una de las técnicas más representativas en el modelo de evaluación seleccionado.

PASO 4: Aplicación de la técnica. El procedimiento se implementa como sigue:

- Se mantiene una entrevista estructurada con todos los miembros del grupo. La primera parte del cuestionario se rellena individualmente y el resto se rellena en grupo.
- La entrevista es analizada para evaluar la satisfacción global.
- Se evalúa el grado de participación en cada etapa de la metodología.

PASO 5: Evaluación. Después de analizar las dos partes del cuestionario, se elabora un reporte de las conclusiones de la evaluación realizada mediante reuniones participativas con todos los miembros involucrados.

En la sección siguiente se ilustrará, mediante un caso de estudio la aplicación de SYPAM, haciendo hincapié en los aspectos participativos de la misma.

4. Caso de estudio: SBC para control de plagas

Esta sección presenta la aplicación de SYPAM a la construcción de los modelos conceptual y formal para el desarrollo de un SBC para el crecimiento del algodón en la provincia de Santiago del Estero, Argentina. La descripción del caso se ordena según las etapas de la metodología descritas en el apartado 3. Se hará especial hincapié en los aspectos participativos de la misma, por ser este el aspecto más innovador de

SYPAM. La información y conocimientos requeridos para entender el dominio del problema fueron adquiridos en el estudio preliminar e inspeccionando el procedimiento seguido en la actualidad para resolver el problema. Habiendo determinado el problema, se analiza su viabilidad. El conocimiento adquirido se estructura en un modelo conceptual, que después se transforma en el modelo formal y finalmente en el modelo de implementación. Simultáneamente, se coordinan las actividades del equipo y se evalúan la participación en el proceso y los productos obtenidos.

4.1. Análisis preliminar

En esta etapa se usa un test de viabilidad que ayuda a determinar si la tecnología de los SBC es adecuada para resolver el problema. En SYPAM se utiliza el test de viabilidad propuesto por la metodología IDEAL (Gómez et al., 1997) (para más detalles ver Recio et al. (1999)). Para obtener la información requerida por el test se usaron técnicas de adquisición de conocimiento, tales como entrevistas abiertas en grupo o individuales, tormentas de ideas y técnicas de estudio de documentación. Una vez resuelto el test se obtuvo que el proyecto era viable.

4.2. Planificación del proyecto y formación del equipo

Aquí los objetivos son: gestionar el proyecto, estimar el tiempo y el coste, hacer el plan de actividades, formalizar la formación del equipo y determinar quienes serán los expertos. Nos centraremos a continuación en el aspecto participativo de esta etapa: la formación del equipo y la asignación de roles.

En este proyecto el equipo lo forman:

- Expertos. Dos ingenieros agrónomos, uno especializado en el crecimiento del algodón y en las plagas que puede sufrir y el otro especializado en el manejo integrado de plagas.
- Usuarios. Dos ingenieros agrónomos de la cooperativa “La Banda” de Santiago de Estero, y un ingeniero agrónomo independiente.
- Directivos. Director del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Regional de Santiago de Estero.

En la Tabla 6 se muestran estos miembros del equipo, las etapas de la metodología en las que van a participar, y sus roles asignados. Los desarrolladores involucrados en este proyecto cubrieron todos los roles y realizaron las etapas y subetapas de la metodología propuesta.

4.3. Construcción del sistema

En los apartados siguientes se resume la participación de los miembros del equipo en las etapas y subetapas de SYPAM.

PERSONA	ETAPAS/SUBETAPAS EN LAS QUE PARTICIPARÁN	ROL ASIGNADO POR EL MÉTODO PROPUESTO
HP (Usuario 1)	- Estudio preliminar y diagnóstico de la situación	Validador

	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio de viabilidad - Análisis y especificación de requisitos - Conceptualización del conocimiento - Evaluación integral 	
GR (Usuario 2)	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio preliminar y diagnóstico de la situación - Estudio de viabilidad - Análisis y especificación de requisitos - Conceptualización del conocimiento - Evaluación integral 	Validador
ELY (Experto 1)	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio preliminar y diagnóstico de la situación - Estudio de viabilidad - Análisis y especificación de requisitos - Conceptualización del conocimiento - Formalización del conocimiento - Evaluación integral 	Diseñador
HMS (Directivo)	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio preliminar y diagnóstico de la situación - Análisis y especificación de requisitos - Estudio de viabilidad - Evaluación integral 	Especificador de requisitos
EAL (Experto 2)	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio preliminar y diagnóstico de la situación - Estudio de viabilidad - Análisis y especificación de requisitos - Conceptualización del conocimiento - Formalización del conocimiento - Evaluación integral 	Analista del conocimiento

Tabla 6. Asignación de personas involucradas a etapas/subetapas y roles.

4.3.1. Análisis de requisitos

Las necesidades de cada rol se identifican y analizan mediante sesiones participativas para determinar las funcionalidades y características del sistema a desarrollar. La lista de requisitos se genera y refina hasta que se tienen unos requisitos negociados.

Los requisitos se seleccionan, descartan y ordenan en sesiones planificadas en las que participan todos los miembros del equipo. Después de tres sesiones con los miembros del equipo e interactuando con un prototipo de demostración (Gomaa, 1983), se seleccionaron los requisitos funcionales y de interfaz. También se determinaron las restricciones a aplicar al producto software que se iba a desarrollar.

4.3.2. Adquisición de conocimientos

Las técnicas usadas para la adquisición de conocimientos fueron: entrevistas abiertas y estructuradas, observación de tareas habituales, observación de tareas habituales con la participación del ingeniero de conocimiento (IC), observación de tareas habituales usando el teléfono, incidentes críticos, tormenta de ideas y diagramas de conjuntos.

Para el caso de estudio se mantuvieron 35 sesiones de educación. Además del análisis de cada una de ellas por parte del IC, el resultado es estudiado en una sesión de grupo. La coordinación del equipo implica determinar cómo se desarrollará el sistema. En este caso, por ejemplo, se mantuvieron relaciones informales vía e-mail y formales mediante reuniones cada 15 días para determinar acciones de mejora y la implementación de dichas mejoras. También los casos propuestos y resueltos por el experto como parte de la observación de tareas habituales e incidentes críticos se documentan en una librería de casos, que se usa para la etapa de evaluación.

4.3.3. Conceptualización del conocimiento

El objetivo de la etapa de conceptualización es definir los conceptos existentes, las relaciones y las funciones que realiza cada concepto. Esto genera una estructura de conocimientos, denominada modelo conceptual, que se usa para representar cómo el IC entiende el conocimiento del experto y para que el experto identifique los errores conceptuales que ha podido cometer el IC.

Durante la etapa de adquisición del conocimiento, el IC identifica las tareas realizadas por el experto cuando resuelve los problemas que se le presentan. Esta división en tareas es discutida con el experto para asegurar que no se cometen errores al interpretar el conocimiento adquirido. También se analiza con el experto la forma de realizar cada una de esas etapas y cómo representar el conocimiento de bajo nivel que se usa para razonar en cada una de esas tareas. En esta etapa la participación de los expertos también incluye revisar el modelo conceptual después de cada iteración.

4.3.4. Formalización del conocimiento

En esta etapa se observó que la participación del experto era muy difícil puesto que el lenguaje utilizado para definir el modelo formal es más cercano a la máquina. Aún así, se trató de que participara en la evaluación del modelo obtenido. El mayor grado de participación se centró en los atributos y conceptos y las relaciones entre ellos formalizados mediante un sistema basado en marcos (Recio et al., 1999).

4.4. Evaluación integral

Con el objetivo de demostrar la validez del sistema desarrollado se realizó una evaluación de dicho sistema en paralelo al proceso de construcción. Primero, se evaluó el modelo conceptual por medio de inspecciones y walkthroughs (Ackerman et al., 1989; Yourdon, 1989). Los IC determinaron la corrección del modelo y los expertos analizaron la validez del conocimiento reflejado en el modelo. Segundo, se validó y verificó el modelo formal y la implementación del SBC (Chang et al., 1990; Ayel & Laurent, 1991; Nazareth, 1993). Para la validación, los resultados de ejecutar los casos de prueba se compararon con las respuestas del experto. Este proceso es iterativo y los modelos se mejoran hasta que satisfacen las necesidades de usuarios y expertos.

Los 25 casos de prueba proporcionados por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Regional de Santiago de Estero y los expertos de la Universidad Nacional de Santiago del Estero fueron probados uno a uno y revisados para comprobar que su ejecución encajaba con los pasos realizados por los expertos.

4.4.1. Evaluación de la metodología y el equipo

Siguiendo los pasos descritos en la sección 3 para la etapa IV.2. Evaluación de la metodología y del equipo, se rellenó el cuestionario por parte de los participantes en el proyecto. El nivel de participación de los miembros del equipo se evalúa construyendo tablas con las etapas/subetapas y el nivel de participación de los usuarios, expertos y directivos evaluado como alto, medio y bajo. Para este análisis se considera:

la planificación realizada al inicio del proyecto (Tabla 7), el grado de participación de los miembros del equipo según el jefe de proyecto (Tabla 8) y la participación de los miembros del equipo según el propio equipo involucrado (Tabla 9). Se determina que:

- La participación planificada (Tabla 7) se modifica en el estudio preliminar, donde la participación de los usuarios cae de alta a media (Tabla 8).
- En la etapa de análisis de los requisitos, la participación de los expertos sube de medio a alto, puesto que su participación es muy activa.
- En la etapa de conceptualización el nivel de participación planificada y realmente concretada muestra un ajuste mayor, excepto en las expectativas de los usuarios que era mayor para esta etapa.
- En la etapa de formalización, el nivel de participación de los usuarios sube de bajo a medio, puesto que evalúan exhaustivamente los atributos y sus relaciones.
- Los usuarios consideran que su participación es alta en las primeras etapas, mientras que es medio en el resto de etapas.
- El jefe de proyecto cree que la participación fue alta al principio y cayó a lo largo del proyecto, para ganar de nuevo importancia en la etapa de evaluación.

Etapa/ Subetapa	PARTICIPACIÓN DE								
	Usuarios			Expertos/especialista			Organizaciones		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
I.1.	■			■			■		
I.2.		■					■		
III.1.	■				■		■		
III.2.		■		■				■	
III.3.									■
III.4.			■		■				■
III.5.		■			■				■
IV.1.	■			■			■		
IV.2.	■			■			■		

Tabla 7. Grado de participación según la planificación inicial.

Etapa/ Subetapa	PARTICIPACIÓN DE								
	Usuarios			Expertos/especialista			Organizaciones		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
I.1.		■		■			■		
I.2.		■					■		
III.1.	■						■		
III.2.		■		■				■	
III.3.		■		■					■
III.4.		■			■				■
III.5.		■			■				■
IV.1.	■			■			■		
IV.2.	■			■			■		

Tabla 8. Grado de participación según el jefe del proyecto.

Etapa/ Subetapa	PARTICIPACIÓN DE								
	Usuarios			Expertos/especialista			Organizaciones		

	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
I.1.	■			■			■		
I.2.	■			■			■		
III.1.	■			■			■		
III.2.		■		■				■	
III.3.		■		■				■	
III.4.			■		■				■
III.5.			■		■				■
IV.1.		■		■			■		
IV.2.		■		■			■		

Tabla 9. Grado de participación según el equipo involucrado.

5. Lecciones Aprendidas

Se pueden concluir algunas cuestiones como resultado de aplicar la Metodología SYPAM al caso de estudio. Estas lecciones se detallan desde dos puntos de vista: a) el de la evaluación de las capacidades de las personas involucradas en el desarrollo, y b) el del desarrollo del SBC siguiendo la metodología propuesta.

La experiencia en la determinación de las capacidades de las personas que participaron del desarrollo y en el trabajar conscientes de sus capacidades ha permitido reflexionar sobre las siguientes cuestiones:

- *La necesidad de contemplar y gestionar la resistencia cultural.* En el caso de estudio en concreto no hubo resistencia individual, pues los usuarios estaban interesados en conocer sus capacidades conductuales. Si se observó una resistencia grupal a ‘desarmar’ los grupos que normalmente estaban definidos para trabajar juntos. Esto se debió principalmente a mantener la comodidad de un rol en tal situación. Sin embargo, la realidad se impuso y la nueva distribución de roles acabó por integrarse en el desarrollo de los proyectos. Es indudable la existencia de estas resistencias culturales que deben ser contempladas y gestionadas.
- *La visión de los procedimientos de evaluación de capacidades y de asignación de personas a roles dentro de un procedimiento de valoración de necesidades en un contexto de un sistema más amplio.* Para garantizar un mejor ajuste de la persona al rol, es importante definir un proceso de asignación de capacidades para un rastreo continuo de las capacidades necesarias e incorporar estos procedimientos durante el desarrollo del proyecto en un proceso más integral.
- *Implicación de los usuarios, expertos y directivos en el desarrollo del sistema software.* El principal propósito del caso de estudio fue comprobar la viabilidad de la metodología propuesta y determinar las capacidades de los usuarios involucrados en el desarrollo de software. Aunque esto también permitió determinar el nivel general de falta de capacidades de los desarrolladores y usuarios que trabajaron en el desarrollo de software. Usando este método se sienten más involucrados en la planificación de su propia cualificación y por tanto sienten un alto grado de compromiso. Un factor importante es que la recogida de datos fue confidencial. Involucrar a los empleados en la valoración de las capacidades y necesidades de coordinación fue vital para evitar problemas potenciales.

Desde el punto de vista del desarrollo de un SBC, se comprobó que:

- SYPAM es satisfactoria respecto a los siguientes aspectos:
 - Facilita la adquisición, organización, comprensión y clasificación de la información del IC especialmente en las etapas tempranas donde el conocimiento es confuso y abundante.
 - Facilita el proceso de modelado del SBC, con un conjunto de modelos, mediante los cuales se puede manejar el conocimiento a distintos niveles de abstracción.
 - La validación con los expertos fue de gran ayuda e interés tanto por parte del IC como por parte del experto.
 - La división modular del problema facilita la modificación, borrado y extensión de los módulos.
- Los expertos, usuarios y directivos se adaptaron rápidamente al grupo de trabajo y a la metodología, debido a que:
 - Las sesiones se prepararon, analizaron y documentaron cuidadosamente respetando dinámicas de grupos, técnicas y formas de documentación.
 - La asignación de roles realizada desde el principio permite que cada miembro del equipo conozca su papel con anterioridad, lo que facilita la realización de las tareas de desarrollo. Esta asignación temprana evita el que al empezar una tarea haya que emplear tiempo en buscar el usuario o el experto que pueda colaborar en cada momento.

Finalmente, es importante destacar que el trabajo en un equipo multidisciplinar incluyendo expertos, usuarios, un directivo y los IC, mediante la asignación a roles según capacidades permite la integración de distintos puntos de vista que facilita la definición, adquisición y conceptualización del conocimiento y la resolución del problema.

Referencias

1. Ackerman, A. F., Buchwald, L. S. Lewski, F. H., 1989. Software inspections: An effective verification process. *IEEE Software* 6 (3), 31-36.
2. Acuña, S. T., Juristo, N., 1996. Software process model for KBS development. *The Journal for the Integrated Study of Artificial Intelligence, Cognitive Science and Applied Epistemology CC-AI* 13 (4), 1-39.
3. Acuña, S. T., 2002. Capabilities-Oriented Integral Software Process Model. Ph.D. thesis, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
4. Angele J., Fensel, D., Studer, R., 1998. Developing knowledge-based systems with MIKE. *Journal of Automated Software Engineering* 5 (4), 389-418.
5. Ayel, M., Laurent, P. J., 1991. *Validation, Verification and Test of Knowledge-based Systems*. Chichester: John Wiley.
6. Boam, R., Sparrow, P., 1992. *Designing and Achieving Competency: A Competency-based Approach to Developing People and Organization*. McGraw Hill.
7. Chang, C. L., Combs, J. B., Stachowitz, R. A., 1990. A report on the expert systems validation associate (EVA). *Expert Systems with Applications* 1 (3), 217-230.
8. Curtis, B., Hefley, W. E., Miller, S. A., 2001. "People Capability Maturity Model® (P-CMM®). Version 2.0". Carnegie Mellon University, Software Engineering Institute. Maturity Model CMU/SEI-2001-MM-001.

9. Davis, A., 1993. Software Specification. Events, Objects and Functions. N.J.: Prentice Hall.
10. Gomaa, H., 1983. The impact of rapid prototyping on specifying usuario requirements. ACM Software Engineering, Notes 8 (2), 17-28.
11. Gómez, A., Juristo, N., Montes, C., Pazos, J., 1997. Ingeniería del Conocimiento. Madrid: Centro de Estudios Ramón Areces.
12. Grosso, W. E., Eriksson, H., Ferguson, R. W., Gennari, J. H., Tu, S. W., Musen, M. A., 1999. Knowledge Modeling at the Millennium. The Design and Evolution of Protege-2000, SMI-1999-0801 Report.
13. Janz, T., Hellervik, L., Gilmore, D. C., 1986. Behavior Description Interviewing: New, Accurate, Cost Effective. Prentice Hall.
14. Kotonya, G., Sommerville, I., 1998. Requirements engineering: processes and techniques. West Sussex, England: John Wiley & Sons.
15. Molina, M., Gómez, A., Sierra, J. L., 1997. Reusable components for building conventional and knowledge-based systems: The KSM approach. Proceedings of the 9th International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering, 168-176.
16. Moses, J. L., Byham, W. C., 1997. Applying the Assessment Center Method. Pergamon.
17. Nazareth, D., 1993. Knowledge-based systems verification, validation and testing: The evolution of a discipline. International Journal of Expert Systems: Research and Applications 6 (2), 143-162.
18. Patton, M. Q., 1990. Qualitative evaluation and research methods. Sage Publications.
19. Recio, B., Acuña, S. T., Juristo, N., 1999. Methodological proposal for modeling and implementing regulation application problems in a knowledge-based system. Agricultural Systems 60, 17-53.
20. Russell, M. T., Karol, D. L., 1994. 16PF Fifth Edition Administrator's Manual. Institute for Personality and Ability Testing.
21. Schreiber, G., Akkermans, H., Anjewierden, A., de Hoog, R., Shadbolt, N., Van de Velde, W., Wielinga, B., 1999. Knowledge Engineering and Management: The CommonKADS Methodology. MIT Press.
22. Steels, L., 1990. Components of expertise. AI Magazine 4 (1), 28-49.
23. West, D., 1991. Towards a Subjective Knowledge Elicitation Methodology for the Development of Expert Systems. Ph.D. thesis, Univesity of Portsmouth, Portsmouth.
24. Yourdon, E., 1989. Structured Walk-Throughs. Englewood Cliffs, N.J.: Yourdon Press, Prentice Hall.