

Revista de Procesos y Métricas de las Tecnologías de la Información (RPM)
VOL. 1, Nº 2, Agosto 2004, 26-38
Asociación Española de Sistemas de Informáticos (AEMES)

ISSN: 1698-2029

EL FACTOR HUMANO: INSTRUMENTOS DE MEDIDA COMPETENCIAL Y ESTIMACIÓN

Ricardo Colomo Palacios
Dpto. de Informática, Universidad de Carlos III de Madrid
Leganés, 28911 Madrid, España
e-mail: rcolomo@inf.uc3m.es

Edmundo Tovar Caro, José Carrillo Verdún
Facultad de Informática, Universidad Politécnica de Madrid
Campus de Montegancedo s/n. Madrid, España
E-Mail : {etovar ; jcarrillo}@fi.upm.es

Abstract: Human Factor is a key factor in the software project management. People-CMM has been developed, inside the family of CMM, to contribute to the diagnosis of the maturity of processes related with human resources. By the other side, estimation models in Software Engineering, although they integrate issues of technical and general competencies, do not establish competencies measurement instruments for the factors used in the estimation methods. This paper suggests initiatives to measure human factors taken in COCOMO II with management instruments recommended by People-CMM.

Resumen: La importancia del “factor humano” en la gestión de los proyectos de desarrollo de software es vital. Para contribuir a la mejora de la capacidad de las organizaciones en el proceso software, se ha desarrollado un modelo, complementario a CMM, para el diagnóstico de la madurez de los procesos relacionados con el personal, People-CMM. Por otra parte, los modelos de estimación existentes en la Ingeniería de Software integran aspectos relativos a la competencia técnica y general del personal, pero, sin embargo, no establecen correspondencias con los instrumentos de medida competencial y del rendimiento en el establecimiento de los valores de los distintos factores que se utilizan para la estimación. Este artículo, tras realizar un estudio sobre las recomendaciones e iniciativas implantadas para la medición competencial en la industria, y los métodos de estimación sobre factores de personal en los proyectos de desarrollo de software más relevantes, realiza una recomendación para la integración de cada uno de los factores relacionados con el “factor humano” que se recogen en COCOMO II con los instrumentos de gestión que recomienda People-CMM.

Palabras Clave: Factores humanos, People-CMM, modelos estimación software, competencias

1. Introducción.

Uno de los resultados más recurrentes en la aplicación de experimentaciones en la Ingeniería del Software es la significativa diferencia entre la productividad individual de los profesionales [McConnell, 2003]. Las diferencias individuales han sido identificadas como uno de los cinco paradigmas para la investigación de los factores humanos para el desarrollo de software [Curtis, 2002]. Los hallazgos de los primeros grupos de investigación [Sackman et al, 1968] dieron paso a las investigaciones más en profundidad en los años ochenta [Curtis, 1981], [De Marco y Lister, 1985]. A finales de esa década, se empezaron a aplicar tests de tipos de personalidad, basados en el trabajo previo de Jung [Jung, 1953] como el Myers-Briggs Type Indicador (MBTI) [Myers y Briggs, 1975]. Estos tests ayudan a averiguar, a través de las preferencias de los sujetos, su idoneidad para diferentes tareas relativas al desarrollo de software. La importancia de este tipo de test ha sido puesta de manifiesto, tanto por relevantes autores del campo de la Ingeniería del Software [Cuevas, 2002], [McConnell, 2003], como por la profusión de estudios sobre MBTI en el campo de la disciplina [Lyons, 1985], [Smith, 1989], [Chatham, 2001], [Capretz2003].

Más recientemente el paradigma competencial ha sido aplicado para explicar las diferencias entre los ingenieros de software excepcionales y los no excepcionales [Turley y Bieman, 1995] e incluso, la irrupción de la inteligencia emocional en los ámbitos empresariales, ha propiciado que la posesión de la competencia emocional haya sido señalada como

un factor que supone mejoras en la producción de los programadores hasta de un 1272% [Goleman, 1999]. El concepto de competencia, se estableció en los primeros años del siglo XX [Taylor, 1911] y es utilizado en el ámbito de la gestión de recursos humanos desde mediados de los años setenta [McClelland, 1973]. Las competencias se caracterizan por que comportan todo un conjunto de conocimientos, procedimientos, actitudes y rasgos que se complementan entre sí, de manera que el individuo debe “saber”, “saber hacer”, “saber estar” y “saber ser”, para actuar con eficacia frente a situaciones profesionales. Sólo son definibles en la acción, en situaciones de trabajo, por lo que para su desarrollo adquieren especial importancia, la experiencia y el contexto que demanda y permite la movilización de esas competencias [Casanovas et al, 2004]. De Ansorena propone agrupar las competencias en técnicas y generales [DeAnsorena1996]. El autor define las competencias técnicas como ‘aquellas que están referidas a las habilidades específicas implicadas en el correcto desempeño de puestos de un área técnica o de un área funcional específica... Están ligadas directamente a esta área, incluyendo por regla general las habilidades de puesta en práctica de conocimientos técnicos y específicos muy ligados al éxito en la ejecución técnica del puesto’. Por otro lado, las competencias generales son ‘aquellas referidas exclusivamente a las características o habilidades del comportamiento general del sujeto en el puesto de trabajo, independientemente de otros aspectos como el dominio de elementos tecnológicos o conocimientos

específicos... No están ligadas directamente a una actividad o función’.

La importancia del concepto competencial ha propiciado su adopción en los ámbitos curriculares de la Informática [Casanovas et al, 2004], y la edición, por parte de AENOR, de la Norma UNE 66173 [AENOR, 2003]. En el ámbito empresarial son muy numerosas las empresas que tienen implantados Sistemas de gestión y evaluación de competencias para la gestión de recursos humanos [Lezaun y Mateos, 2005].

La importancia de los factores personales y las diferencias de productividad entre los trabajadores no ha sido ignorada por las distintas técnicas de estimación en el ámbito del desarrollo de software. Sin embargo, no se hayan documentados esfuerzos que, tomando como base los productos de evaluación y gestión de las competencias que se encuentran implantados en numerosas organizaciones, determinen los factores humanos correspondientes a la estimación para el desarrollo de software. Este trabajo tiene como objetivo identificar una correspondencia entre la estimación y la evaluación del personal orientada a competencias con objeto de integrar en un único marco ambos instrumentos de gestión y dotar al gestor de mecanismos aún más fiables para la estimación.

2. La evaluación de las competencias del personal

La evaluación del rendimiento se ha definido como un proceso sistemático y periódico de medida objetiva del nivel de eficacia y

eficiencia de un empleado, o equipo, en su trabajo [Pereda y Berrocal, 2001]. Los sistemas de evaluación del rendimiento o del desempeño basados en competencias están integrados en los más globales sistemas de gestión de competencias, que aplican el paradigma competencial en la gestión de recursos humanos. Estos sistemas van más allá que los sistemas de gestión del conocimiento en aspectos como el análisis de las necesidades de competencia. Sin embargo, la literatura técnica suele confundir ambos sistemas [Lindgren y Stenmark, 2002]. La implantación de genuinos sistemas de gestión de competencias es descrita por algunas experiencias documentadas en la literatura [Lindgren y Stenmark, 2002], [Hardless, 2005]. Concretamente en España, existen foros dentro de los profesionales para la mejora y el intercambio de experiencias en la implantación y explotación de este tipo de sistemas [Lezaun y Mateos, 2005].

Los sistemas de evaluación del desempeño basados en competencias valoran la posesión por parte del empleado de competencias generales, tales como trabajo en equipo, liderazgo, etc. no relacionadas con el desempeño de una actividad concreta, y de otras competencias, denominadas técnicas, adaptadas al desempeño de una actividad concreta, y cercanas a los conocimientos llevados a la práctica y a las capacidades. Ambos tipos de competencias cuentan con numerosos sistemas de apoyo comerciales, si bien, para el tratamiento de las competencias técnicas en profundidad se suelen utilizar sistemas de gestión de “skills”, más cercanos a la gestión del

conocimiento. Existen aportaciones de la literatura sobre este tipo de sistemas tanto a nivel internacional [Davenport y Prusack, 1997], [McDonnald y Ackerman, 1998], [Becerra-Fernández, 2000], [Dingsøy y Røyrvik, 2003] como nacional [Benjamins, 2002].

People Capability Maturity Model (People-CMM) [Curtis et al, 2001] es una iniciativa promovida por el Instituto de Ingeniería del Software (SEI) que establece un camino para implantar prácticas relativas a la fuerza laboral con el propósito de mejorar la capacidad de los trabajadores de una organización. People-CMM ha sido designado para su implantación en organizaciones intensivas en conocimiento, como las que se dedican al desarrollo de software. Sin embargo, esta circunstancia no es obstáculo para su aplicación a cualquier tipo de empresa tras una apropiada parametrización. People-CMM

establece cinco niveles de madurez incrementales que cuentan con un total de veintidós áreas de proceso, muchas de las cuales se basan en el concepto de competencia y aplican prácticas la gestión y el desarrollo de las mismas como medio para la mejora de la fuerza laboral.

3. Los factores de personal en la estimación de proyectos software

3.1. La Estimación de Proyectos Software

Atendiendo a [Boehm et al, 2000], las técnicas de estimación de software se pueden dividir en seis grandes grupos:

- Basadas en modelos (SLIM [Putnam y Myers 1992], COCOMO [Boehm, 1981], SEER [Jensen, 1983], ESTIMACS [Rubin, 1983], PRICE-S [Park, 1988] y Checkpoint [Jones, 1997]).
- Basadas en la experiencia (COCOTS (CONstructive COTS) [Abts, 1997]).
- Orientadas al aprendizaje (Casos de estudio [Shepperd y Schofield, 1997], Artificial Neural Networks).
- Basadas en la dinámica de sistemas (Modelo de Abdel-Hamid y Madnick [Abdel-Hamid y Madnick, 1991], Modelo Dinámico Reducido [Ruiz et al, 2001], Modelo de Madachy [Madachy, 2005]).
- Basadas en la regresión (Método OLS, Regresión “robusta”).
- Técnicas compuestas (COCOMO II 2000 [Boehm et al, 2000b]).

El análisis de las técnicas de estimación para el presente trabajo se centrará únicamente en las técnicas basadas en modelos, y más concretamente, debida su relevancia, en el modelo COCOMO II 2000 [Boehm et al, 2000b]. Las restantes técnicas de estimación, de las que se puede encontrar una revisión en [Saliu et al, 2004], no serán abordadas en este artículo, y su análisis en profundidad se sugiere como parte de los trabajos futuros.

3.2. Los factores del personal en COCOMO II 2000.

COCOMO (CONstructive COst Model) es el modelo algorítmico que más ha evolucionado desde su primera versión. La citada primera versión del modelo fue originalmente

publicada en 1981 [Boehm, 1981], y actualizada en 1987 con una extensión para el lenguaje ADA. En 1994 se comenzó el desarrollo de COCOMO II que fue inicialmente publicado en 1995 [Boehm et al, 1995]. El uso de técnicas bayesianas para la calibración del modelo, primeramente en 1998, y posteriormente en la versión COCOMO II 2000 [Boehm et al, 2000b] sitúan a COCOMO II 2000, atendiendo a la clasificación anterior, en el grupo de las técnicas compuestas.

La incidencia de los factores del personal (capacidad y experiencia del personal), en los modelos algorítmicos es muy considerable. SLIM, Checkpoint, PRICE-S, ESTIMACS, SEER-SEM y COCOMO II. Mientras que la continuidad de la fuerza laboral únicamente se incluye en COCOMO II [Boehm et al, 2000]. En COCOMO II, los factores que se juzgan para capturar el impacto del entorno del proyecto en el coste se clasifican en cuatro grandes grupos: factores del producto, factores de la plataforma, factores del personal y factores del proyecto. Y los factores relacionados con el personal son, tras el tamaño del producto a desarrollar, el más

influyente factor en la determinación del esfuerzo para desarrollar un producto software. En particular, se identifican seis factores relacionados con el personal:

- ACAP: Capacidad de los analistas.
- PCAP: Capacidad de los programadores.
- PCON: Continuidad del personal.
- APEX: Experiencia en la aplicación.
- PLEX: Experiencia en la plataforma.
- LTEX: Experiencia con el lenguaje y las herramientas.

Los factores AEXP, PEXP y LTEX, que son concernientes con la experiencia se miden en periodos de tiempo (años y meses), la continuidad del personal se mide porcentaje anual de trabajadores. En el caso de los factores ACAP y PCAP se aplica una escala de percentiles sobre el criterio de capacidad del estimador, que recurre a su percepción para dilucidar los valores de los factores señalados.

La incidencia en los multiplicadores de esfuerzo de los factores del personal que aparecen en COCOMO II se encuentra reflejada en la Tabla 1:

	Muy bajo	Bajo	Nominal	Alto	Muy alto	Extra alto
ACAP	<i>Percentil 15</i>	<i>Percentil 35</i>	<i>Percentil 55</i>	<i>Percentil 75</i>	<i>Percentil 90</i>	
	1,42	1,19	1,00	0,85	0,71	n/a
PCAP	<i>Percentil 15</i>	<i>Percentil 35</i>	<i>Percentil 55</i>	<i>Percentil 75</i>	<i>Percentil 90</i>	
	1,34	1,15	1,00	0,88	0,76	n/a
PCON	<i>48%/año</i>	<i>24%/año</i>	<i>12%/año</i>	<i>6%/año</i>	<i>3%/año</i>	
	1,29	1,12	1,00	0,90	0,81	
APEX	<i><= 2 meses</i>	<i>6 meses</i>	<i>1 año</i>	<i>3 años</i>	<i>6 años</i>	
	1,22	1,10	1,00	0,88	0,81	n/a
PLEX	<i><= 2 meses</i>	<i>6 meses</i>	<i>1 año</i>	<i>3 años</i>	<i>6 años</i>	
	1,19	1,09	1,00	0,91	0,85	n/a
LTEX	<i><= 2 meses</i>	<i>6 meses</i>	<i>1 año</i>	<i>3 años</i>	<i>6 años</i>	
	1,20	1,09	1,00	0,91	0,84	

Tabla 1. Multiplicadores de esfuerzo para los factores personales en COCOMO II.

Para realizar una estimación basada en los principios de Ingeniería, los datos han de ser lo suficientemente fiables para todos los factores. Por ello, y aún en el caso de que los datos meramente numéricos de los factores relacionados con la experiencia y la continuidad estén disponibles, ¿cuáles son los criterios para evaluar la capacidad de los programadores y los analistas?, ¿en qué deben basarse las distintas medidas de experiencia? En el capítulo siguiente se propondrá la utilización de artefactos y métodos del ámbito de la evaluación y gestión de competencias como apoyo para la determinación de este tipo de factores en la estimación software.

4. Una propuesta de integración de la evaluación de las capacidades y conocimientos del personal con los factores de personal de COCOMO II.

Como se ha señalado anteriormente, pese a la relevancia de COCOMO II para la estimación en el campo del software, y, por otra parte, la importancia de la gestión de competencias en un entorno intensivo en conocimiento, como es el desarrollo de software, no se han establecido correspondencias entre ambas herramientas de apoyo a los gestores de proyecto de desarrollo de software. Con este objetivo, se realizará, para cada factor del personal que se identifica en COCOMO II, en primer lugar, un análisis de las prácticas recogidas en People-CMM que se consideran necesarias para la fijación de los valores de los diferentes factores. Y

en segundo lugar, una recomendación para determinación de los valores de cada factor a partir de los resultados de las diferentes técnicas que el modelo de madurez desarrollado por el SEI plantea.

4.1. ACAP.

Los analistas, atendiendo a la definición del propio método de estimación, son los profesionales que trabajan en los requisitos, el diseño de alto nivel y el diseño detallado. Los atributos que deben ser considerados para la puntuación de este factor abarcan la capacidad de análisis y síntesis, la atención al detalle, la eficiencia y las capacidades de comunicación y cooperación. No se deben considerar la experiencia de los analistas, ya que estas cuestiones tienen cabida en APEX, LTEX y PLEX.

Atendiendo a la definición que se suministra, con el propósito de establecer el valor de ACAP se han de analizar competencias técnicas, relacionadas con la gestión de requisitos y el diseño, y competencias generales, que recogen aspectos como trabajo en equipo y la capacidad de análisis y síntesis.

Se considera necesario para la utilización integrada de las prácticas de gestión de personal que se recogen en People-CMM y las de estimación para ACAP que la organización presente cobertura de las siguientes áreas de proceso:

- Nivel 2.
 - Gestión del rendimiento, que incluye la medida del rendimiento de los profesionales.
- Nivel 3.
 - Análisis de competencias, que establece los

procedimientos para la identificación de las competencias para la consecución de los objetivos de la organización.

- Desarrollo de carreras profesionales, que establece los diferentes caminos profesionales, entre los que tienen que figurar los perfiles de analista y programador.

Si tomamos como competencias generales el listado de veintitrés competencias generales que se incorpora en la iniciativa curricular española relativa a la Informática, el Libro Blanco [Casanovas et al, 2004], y por otro lado las diez competencias que corresponden a las diez áreas de conocimiento que se proponen dentro del Cuerpo de Conocimiento de la Ingeniería del Software, SWEBOK [Bourque y Dupuis, 2004] se podría, en el caso de que se dispusiera un sistema de evaluación del rendimiento basado en competencias que incorporase las áreas de proceso anteriores, establecer el valor de ACAP a partir de una combinación de los valores que se dispusieran en las siguiente competencias:

- Competencias generales:
 - Capacidad de análisis y síntesis.
 - Trabajo en equipo.
 - Motivación por la calidad.
 - Comunicación oral y escrita.
- Competencias técnicas:
 - Requisitos Software.
 - Diseño Software.

El listado competencial que se facilita es una propuesta genérica. Siguiendo los dictados de People-CMM, para la determinación de este

valor se debe realizar un estudio de las competencias que se consideran necesarias para llevar a cabo el trabajo de los analistas de forma excelente en una organización concreta.

El valor de ACAP está determinado por la combinación de las puntuaciones de la evaluación del desempeño de los analistas que participen en el proyecto en las competencias identificadas, ponderadas tomando en cuenta el grado de participación de cada uno en el proyecto analizado y la importancia relativa de cada competencia. La fórmula que se adjunta establece el sumatorio de los diferentes aspectos que se tienen en cuenta para el cálculo del factor:

$$ACAP = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n POND(j) \times DED(i) \times EVAL(i, j)$$

El valor numérico de ACAP resultante de la aplicación de la fórmula anterior produce un valor en el rango de las puntuaciones que se otorgan en la evaluación de competencias, que típicamente se rigen por una escala de tipo Likert. Este valor, en caso de que no se utilice una escala de 100 puntos es convertible a percentiles, la unidad en que se mide ACAP, de forma automática.

4.2. PCAP.

La capacidad de los programadores también ha de ser tenida en cuenta para la estimación. En este apartado, al igual que en el caso de ACAP, no se ha de tomar en cuenta la experiencia, y se ha de evaluar la eficiencia y minuciosidad y las capacidades de comunicación y trabajo en equipo de los programadores.

El factor PCAP cuenta con las mismas necesidades que ACAP en lo relativo a las áreas de proceso identificadas en People-CMM. Sin embargo, atendiendo a la descripción de la evaluación que hay que realizar para el establecimiento del valor de PCAP, las competencias que se identifican para la evaluación en lo que respecta a las competencias técnicas son diferentes, incluyendo únicamente la competencia técnica de Construcción Software. El valor de PCAP se establecerá atendiendo a la siguiente fórmula:

$$PCAP = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n Ponda(j) \times Ded(i) \times Eval(i, j)$$

4.3. PCON.

El factor de la continuidad del personal (PCON) mide la rotación anual del personal respecto al total del personal. Se trata del factor de más sencilla estimación, ya que se basa en un mero registro histórico de la contratación del personal. Incluso las organizaciones que se encuentran en el nivel inicial deben ser capaces de establecer el valor de PCON, al menos si el proyecto se nutre de recursos propios, ya que en el entorno español es de obligado cumplimiento la información de la antigüedad del trabajador en cada nómina.

Sin embargo, la incidencia de las subcontrataciones y la profusión de trabajadores autónomos, pueden complicar el cálculo considerablemente, ya que la relación entre los recursos empleados y la empresa no es de carácter laboral, por lo que la trazabilidad puede ser más complicada. People-CMM no incluye explícitamente mención o recomendación para este tipo de registros, posiblemente debido a su simplicidad.

Por este motivo, se recomienda a las empresas la implantación de un sistema de asignación de proyectos, que permita la trazabilidad de los recursos.

4.4. APEX.

El factor APEX refleja la experiencia del equipo de desarrollo en el tipo de aplicación que se está desarrollando medida en tiempo.

La experiencia es tratada dentro de People-CMM en diversas áreas de conocimiento. La primera de las recomendaciones para el tratamiento de la experiencia se realiza dentro del nivel 2 en el área de conocimiento de "Staffing" en la práctica 3. Sin embargo, para la correcta e integrada implantación se han de llevar a cabo experiencias más cercanas a la Gestión del Conocimiento. Esta circunstancia propicia el rastreo de competencia dentro de la organización y la determinación de la experiencia de los trabajadores.

Teniendo esto en cuenta, el área de conocimiento que se ha de observar es perteneciente al nivel 4, y en concreto se trata de "Activos basados en competencias". Se puede establecer que la observancia de la práctica segunda dentro de esta área de conocimiento, que recomienda el establecimiento de vehículos para la compartición de competencias, resulta una circunstancia necesaria para la implantación con éxito de este tipo de sistemas. Una guía para la implantación de sistemas de búsqueda de competencia dentro de la organización se puede encontrar en [Lindgren y Stenmark, 2002].

La adopción de estas prácticas en el entorno del desarrollo de software ha sido profusamente documentada por la literatura técnica [Dingsøyr y

Røyrvik, 2003], [Richards et al 2002], [Lindgren y Stenmark, 2002], [Hardless, 2005] y cuentan con herramientas de apoyo comerciales como Skillscape o Skillview, entre otras.

En concreto, el factor APEX podrá ser directamente determinado a partir de la experiencia documentada en el sistema implantado. El sistema, para cada uno de los integrantes del proyecto, entrega un informe de expertise en el entorno funcional, que puede ser especificado como cualquier otro conocimiento. A partir de este informe, que indica una experiencia profesional total en días y ponderando las diferentes circunstancias de implicación en el proyecto de los profesionales, se puede determinar de forma directa el valor del factor APEX atendiendo a la fórmula que se presenta a continuación:

$$APEX = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n Dedi(i) \times Expe(i, j)$$

4.5. PLEX.

La experiencia en la plataforma tecnológica, PLEX refleja la importancia de la comprensión y el manejo de la plataforma, incluyendo GUI, las bases de datos, middleware etc.

Atendiendo a lo especificado en el factor APEX, PLEX puede ser determinado de forma análoga al anterior, aunque adaptada a las características del factor. PLEX se compone, como se ha señalado en su definición, de multitud de factores técnicos que se deben reflejar en su estimación: conocimientos del middleware, de los sistemas gestores de bases de datos...

La propuesta para PLEX es especificar cada uno de los elementos que conforman la plataforma y ponderar su importancia. La estimación final se compondrá de la conjunción de las experiencias de los profesionales en las tecnologías, la importancia relativa de las mismas y la implicación de los distintos profesionales, tal y como se expresa en la fórmula que se muestra a continuación:

$$PLEX = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n POND(j) \times DED(i) \times EXP(i, j)$$

4.6. LTEX.

El último de los factores del personal que se incluye en COCOMO II es la experiencia del equipo de desarrollo en el lenguaje y las herramientas que se van a utilizar expresada en periodo de tiempo.

Paralelamente a lo establecido para PLEX, LTEX puede ser determinado en función de la experiencia de los profesionales en el lenguaje o lenguajes y las herramientas, la importancia relativa de los mismos y la asignación de los profesionales a las tareas del proyecto.

$$LTEX = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n POND(j) \times DED(i) \times EXP(i, j)$$

5. Conclusiones y futuros trabajos

En el presente artículo se propone una correspondencia entre los más actuales sistemas de gestión de recursos humanos, en concreto los que se recomiendan en People-CMM, y las técnicas de estimación software que incluyen aspectos relativos al personal, en concreto, COCOMO II.

Esta línea de investigación para la mejora de las estimaciones software se basa en la especificación de criterios de conversión entre los resultados de la implantación de las prácticas que establece People-CMM

y los seis factores relacionados con el personal que identifica COCOMO II. Un resumen de la propuesta se encuentra en la tabla 2 que se presenta a continuación.

Factor	Área de Conocimiento	Sistema Recomendado	Fórmula
ACAP	Gestión del rendimiento(N2) Análisis de competencias (N3) Desarrollo de carreras profesionales (N3)	Sistema de evaluación del desempeño basado en competencias	$PCAP = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n POND(j) \times DEDI(i) \times EVAL(i, j)$
PCAP	Ídem	Ídem	$PCAP = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n POND(j) \times DEDI(i) \times EVAL(i, j)$
PCON	-	Básico de asignación	No es necesaria
APEX	Activos basados en competencias (N4)	Sistema de gestión del conocimiento	$APEX = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n DEDI(i) \times EXPE(i, j)$
PLEX	Ídem	Ídem	$PLEX = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n POND(j) \times DEDI(i) \times EXPE(i, j)$
LTEX	Ídem	Ídem	$LTEX = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n POND(j) \times DEDI(i) \times EXPE(i, j)$

Tabla 2. Resumen de la propuesta de correspondencia

La integración de los distintos sistemas que un gestor de proyectos software debe manejar es crucial para el completo aprovechamiento de los mismos. En este trabajo se han analizado únicamente un subconjunto de los mismos, pero las posibilidades de integración son prácticamente infinitas.

Como futuros trabajos dentro de esta área de la estimación se proponen aquellos tendentes a la determinación basada en criterios de ingeniería de los valores relativos a otros factores que se recogen en COCOMO II, así como la extensión a otros tipos de técnicas de estimación para proyectos de desarrollo de software tanto algorítmicas como no algorítmicas.

6. Referencias

- Abdel-Hamid, T. y Madnick, S., 1991, Software Project Dynamics, Prentice-Hall.
- Abts, C., 1997, COTS Software Integration Modeling Study, Report prepared for USAF Electronics System Center, Contract No. F30602-94-C-1095, University of Southern California, 1997.
- AENOR, 2003, UNE 66173 Los recursos humanos en un sistema de gestión de la calidad. Gestión de las competencias.
- Becerra-Fernández, I., 2000, Facilitating the Online Search of Experts at NASA using Expert Seeker People-Finder, PAKM, Basel, Suiza.
- Benjamins, R. et al, 2002, Skills Management in Knowledge-Intensive Organizations, Proceedings of the 13th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management. Ontologies and the Semantic Web, pp. 80-95.
- Boehm BW et al., 2000, Software cost estimation using COCOMO II, Prentice-Hall; 2000.
- Boehm, B., Abts, C. y Chulani, S., 2000, Software Development Cost Estimation Approaches - A Survey, Technical report, USC-CSE-2000-505
- Boehm, B., 1981, Software Engineering Economics, Prentice Hall.
- Capretz, L.F., 2003, Personality types in software engineering, International Journal of Human-Computer Studies, vol. 58, nº 2, pp.207-214.
- Casanovas, J., Colom, J.M., Morlán, I., Pont, A. & Ribera, M., 2004, El Libro Blanco de la Ingeniería en Informática. ANECA
- Chatham, R., 2001, Harnessing IT for competitive advantage: A cross-cultural communication problem?, Conference of the European Academy of Management.
- Cuevas, G., 2002, Gestión del Proceso Software, Centro de estudios Ramón Areces.
- Curtis, B., 1981, Substantiating Programmer Variability, Proceedings of the IEEE, vol. 67, nº 7.
- Curtis, B., 2002, Human Factors in Software Development en Marciniak, J.J., Encyclopedia of Software Engineering, pp. 598-610, Willey & Sons.
- Curtis, B., et. al., 2001, People Capability Maturity Model (P-CMM), Version 2.0, Software Engineering Institute, CMU/SEI-2001-MM-001.
- Davenport, T.H. y Prusak, L., 1998, Working Knowledge. Harvard Business School Press, Boston.
- De Ansorena, A., 1996, 15 pasos para la selección de personal con éxito. Barcelona: Paidós.
- De Marco, T. y Lister, T., 1985, Programmer Performance and the effects of the workplace, Proceedings of the 8th International Conference on Software Engineering, Agosto 1985.
- Dingsøyr, T. y Røyrvik, E., 2003, An empirical study of an informal knowledge repository in a medium-sized software consulting company, Proceedings of the 25th International Conference on Software Engineering, pp: 84 – 92,Portland.
- Goleman, D., 1999, La práctica de la Inteligencia Emocional, Kairós.
- Hardless, C, 2005, Designing competence development systems, Tesis doctoral, Universidad de Goteborg.
- Jensen R., 1983, An Improved Macrolevel Software Development Resource Estimation Model, Proceedings 5th ISPA Conference., pp. 88-92.

- Jones, C., 1997, Applied Software Measurement, McGraw Hill.
- Jung, C.G., 1953, Collected Works, Routledge and Kegan Paul.
- Lezaun, M y Mateos, M., 2005, El jefe no sabe medir a sus empleados, Expansión & Empleo, 12 de Junio de 2005.
- Lindgren, R. y Stenmark, D., 2002, Designing competence systems: Towards interest activated technology, Scandinavian journal of Information Systems, vol. 12, nº 1, pp. 18-29.
- Lyons, M.L., 1985, The DP psyche, Datamation, vol. 31, nº 16, pp.103-109.
- Madachy, R., 2005, Software process dynamics, IEEE Computer Society.
- McClelland, D.C., 1973, Testing for competence rather than for 'intelligence', American Psychologist, vol. 28, pp 1-14.
- McConnell, S., 2003, Professional Software Development, Addison-Wesley.
- McDonald, D.W. y Ackerman, M.S., 1998, Just talk to me: a field study of expertise Location, Proceedings of CSCW 1998, pp 315-324, ACM Press, Seattle, WA.
- Myers, I.B. y Briggs, K., 1975, The Myers-Briggs Type Indicator Form, Consulting Psychologists press.
- Park R., 1988, The Central Equations of the PRICE Software Cost Model, 4º COCOMO Users' Group Meeting.
- Pereda, S. y Berrocal, F., 2001, Técnicas de gestión de recursos humanos por competencias, Centro de estudios Ramón Areces, Madrid.
- Putnam, L. y Myers, W., 1992, Measures for Excellence, Yourdon Press Computing Series.
- Rubin, H., 1983, ESTIMACS, IEEE, 1983.
- Ruiz, M., Ramos, I, Toro, M., 2001, A simplified model of software project dynamics, Journal of Systems and Software, vol 59, nº 3, pp: 299-309.
- Sackman H., Erikson, W.J., Grant, E.E., 1968, Exploratory Studies comparing online and offline programming performance, Communications of the ACM, vol. 11, nº 1, pp. 3-11, Enero 1968.
- Saliu, M. O., Ahmed, M. A. y AlGhamdi, J. S., 2004, Towards Adaptive Soft Computing Based Software Effort Prediction, Proceedings of the North American Fuzzy Information Processing Society Conference, pp. 16-21.
- Shepperd, M. y Schofield, M., 1997, Estimating Software Project Effort Using Analogies, IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 23, nº. 12.
- Smith, D.C., 1989, The personality of the systems analyst: an investigation, Computer Personnel, vol. 12, nº 2, pp. 12-14.
- Taylor, F., 1911, The Principles of Scientific Management. Harper & Row, New York.
- Turley, R.T. y Bieman, J.M., 1995, Competencias de excepcional and non-exceptional software engineers, Journal of Systems and Software, vol. 28, nº 1, pp. 19-38.