

# Evaluación de las Capacidades Humanas en el Proceso de Desarrollo de Software <sup>1</sup>

ACUÑA Silvia, SOSA Mabel, FIGUEROA Saritha, MENINI María

Departamento de Informática, FCEyT, Universidad Nacional de Santiago del Estero

Avenida Belgrano (S) 1912, 4200 Santiago del Estero, Argentina

{silvac, litasosa, sarithaf, mamenini}@unse.edu.ar

**RESUMEN.** En los modelos de proceso software actuales las personas son el factor menos formalizado, sin embargo, éstas presentan un comportamiento no determinístico y subjetivo que influye decisivamente en los resultados de la producción de software. Se ha desarrollado un Modelo del Proceso Software Orientado a las Capacidades que define los elementos del proceso software: actividades, productos, técnicas y personas; más los originales de esta investigación: estructuración del trabajo, roles y capacidades. El artículo se centra en el proceso de Evaluación de las Capacidades y en el proceso de Asignación de Personas a Roles, definiéndose las relaciones capacidad-persona y capacidad-rol involucradas en el desarrollo de software. Se proponen dos procedimientos en función de dichas relaciones: el Procedimiento de Evaluación de las Capacidades, para determinar las capacidades que tienen los miembros de un equipo de trabajo y el Procedimiento de Asignación de Personas a Roles que permite asignar personas para desempeñar roles según las capacidades que aquéllas poseen y que requieren los roles. Asimismo se pretende comprobar la relación persona-capacidad-rol mediante un experimento para probar la hipótesis de que asignar personas a roles según las capacidades mejora el proceso de software.

**Palabras clave:** Modelización de procesos, proceso organizacional, proceso software, personas, equipo de trabajo, capacidades.

## 1. Introducción

Este trabajo se centra en el proceso software. Hoy por hoy, un área que juega un papel central en la investigación del proceso software es la modelización del proceso. Las personas son el factor menos formalizado en los modelos de proceso software actuales. Sin embargo, su importancia es obvia: presentan un comportamiento no determinístico y subjetivo que influye de forma decisiva en los resultados de la producción de software, que es una actividad básicamente intelectual y social [11] [18].

En la actualidad, en el área de la evaluación del proceso software existe: a) el People-CMM [6], focalizado en el factor recurso humano; b) el Proceso Software Personal [10], focalizado en el rendimiento individual; y c) el Proceso Software del Equipo [12], que trata la mejora del proceso software a nivel de equipo. Sin embargo, en el área de la modelización del proceso software, se observa una falta de conceptualización y formalización de la incorporación de los humanos y la interacción en la que participan [7][8][14][15] [17].

Los modelos de proceso existentes no formalizan las habilidades y capacidades de cada miembro: gestores, desarrolladores, personal de soporte, profesionales, expertos, clientes y usuarios, para que el equipo del proyecto sea eficaz y eficiente [8]. La falta de especificación de las personas añade el riesgo que se ejecuten procesos no adecuados a las capacidades de las personas de la organización.

---

<sup>1</sup> Trabajo realizado en el marco del Proyecto “Gestión Integrada de las Organizaciones: Modelización de las Capacidades Humanas en los Procesos de Software”, Código 23/C051, aprobado por el CICYT-UNSE.

La modelización del proceso software se encarga de la creación de modelos del proceso de desarrollo de software y pretende minimizar algunos de los problemas encontrados en las organizaciones con respecto a su proceso de desarrollo, tales como:

- Falta de correspondencia de la descripción del proceso con el proceso realizado;
- Descripción del proceso de muy alto nivel para ser útil en la práctica; y
- Descripción del proceso imprecisa, incompleta, ambigua o incomprensible.

Se ha desarrollado un Modelo del Proceso Software en el que se han incorporado procesos nuevos, los procesos culturales y organizacionales [2]. En estos procesos se consideran las capacidades de las personas y de los roles involucrados. En este trabajo se definen las relaciones capacidad-persona y capacidad-rol involucradas en el desarrollo de software. Se proponen dos procedimientos basados en estas relaciones, respectivamente: el Procedimiento de Evaluación de las Capacidades de las Personas para determinar las competencias que tienen los miembros de un equipo de trabajo y el Procedimiento de Asignación de Personas a Roles que permite asignar personas para desempeñar roles según las capacidades que aquéllas poseen y que requieren los roles.

Este trabajo se basa en un enfoque de Gestión de Recursos Humanos, la Lógica de la Competencia. Esta lógica se practica actualmente en numerosas organizaciones para diferentes propósitos tales como la selección y contratación de personal, el análisis de puestos de trabajo, el aprendizaje de la organización o la evaluación económica [9][15]. Sin embargo, en el contexto del proceso software esta lógica no se aplica todavía.

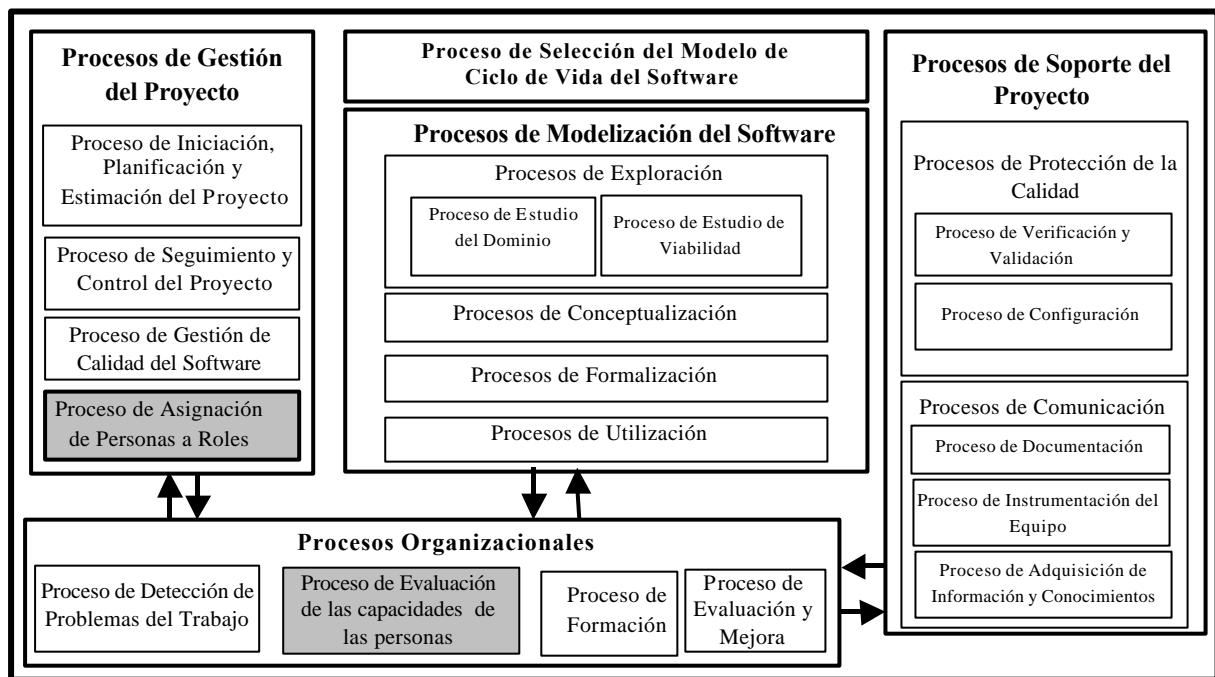
El resto del artículo se estructura de la siguiente forma. En el apartado 2, se presenta el Modelo del Proceso Software propuesto. En el apartado 3, se define la relación capacidad-persona y la relación capacidad-rol, luego se describe el Procedimiento de Evaluación de las Capacidades de las Personas y el Procedimiento de Asignación de Personas a Roles y asimismo se hace referencia a la validación empírica de estos procedimientos. Finalmente, en el apartado 4, se presentan las conclusiones.

## 2. Modelo del Proceso Software

El Modelo del Proceso Software propuesto involucra seis elementos: actividad, rol, persona, producto, técnica y capacidad, definidos para cada subprocesso del modelo.

- *Actividad*. Define las actividades que realizan los actores en cada subprocesso para desarrollar un producto. Las actividades se descomponen en otras actividades más elementales.
- *Rol*. Define un conjunto de responsabilidades y capacidades necesarias para realizar las actividades de cada subprocesso. Para el perfil de cada rol se definen las capacidades requeridas.
- *Persona*. Define los actores que tienen capacidades necesarias para desempeñar un rol determinado.
- *Producto*. Define los productos que alimentan y son generados por las actividades de los subprocessos. Un producto puede estar compuesto de subproductos.
- *Técnica*. Definen los métodos y técnicas utilizados para la realización de las actividades de cada subprocesso. Para cada subprocesso se han detallado o enumerado las técnicas pertinentes.
- *Capacidad*. Define la habilidad o atributo personal de la conducta de un sujeto que puede considerarse como característica de su comportamiento, bajo la cual, el comportamiento orientado a la actividad puede clasificarse de forma lógica y fiable.

Estos elementos se definen para cada uno de los subprocesos que conforman el Modelo del Proceso Software, representado en la Figura 1. En el modelo se han incorporado procesos completamente nuevos, los procesos culturales tales como: el Proceso de Detección de Problemas del Trabajo y Proceso de Evaluación de las Capacidades dentro de los Procesos Organizacionales, el Proceso de Asignación de Personas a Roles dentro de los Procesos de Gestión del Proyecto y el Proceso de Instrumentación del Equipo dentro de los Procesos de Soporte del Proyecto; los que aparecen sombreados en la Figura 1.



**Figura 1.** Modelo del Proceso Software

El modelo anterior se ha enriquecido mediante la definición de los roles para cada uno de los subprocesos involucrados. Por lo tanto, en este trabajo se han analizado el conjunto de actividades que realiza cada rol y su perfil de competencias.

En [2] se encuentra la descripción íntegra de las actividades de cada proceso que conforma el modelo (especificación de documentos de entrada y de salida para cada actividad, técnicas propias, roles involucrados y sus capacidades requeridas). Esta descripción permite que una persona interesada pueda seguir y aplicar el proceso software genérico orientado a las capacidades a partir de un único documento. Sin embargo en este trabajo nos centramos en las capacidades humanas.

### 3. Formalización de las Capacidades Humanas

Se ha realizado un estudio y análisis de las listas de capacidades o competencias conductuales de las personas que se utilizan en la selección de candidatos para puestos de trabajo [1][4] validadas en el marco del Assessment Centre Method [16]. En el presente trabajo se han seleccionado y adaptado las pertinentes al desarrollo de software, caracterizando la relación capacidades-personas. Se han definido y clasificado 20 capacidades generales, consideradas críticas en el desarrollo de software, con un enfoque que integra elementos teóricos funcionales con elementos cognitivos. Estas capacidades son competencias conductuales generales, que están referidas exclusivamente a las características o habilidades del comportamiento general de la persona utilizadas durante un proyecto de desarrollo de software. La selección de capacidades se ha realizado mediante reunión de expertos donde han participado gestores de

equipos, desarrolladores y un psicólogo laboral y mediante encuestas a diez jefes de proyectos de organizaciones desarrolladoras de software españolas y argentinas.

Las capacidades detectadas se han organizado en cuatro categorías tal como se muestra en la Tabla 1. Esta clasificación se basa en los niveles de adquisición de las diferentes habilidades en el proceso de evolución profesional de los miembros involucrados en el desarrollo de software en el marco de una estructura organizativa concreta.

La formalización de las capacidades humanas se basan en herramientas técnico-conceptuales de la ciencia del comportamiento organizacional y de la gestión integrada de personas [9][15][16], que, a su vez, se basan en principios bien establecidos de la psicología, en general, y de la psicología laboral, en particular.

Las capacidades se utilizan tanto en el Procedimiento de Evaluación de las Capacidades de las Personas como en el Procedimiento de Asignación de Personas a Roles.

CATEGORÍAS					
		Habilidades intrapersonales	Habilidades organizativas	Habilidades interpersonales	Habilidades directivas
DESCRIPCIÓN		Se trata de competencias conductuales de tipo elemental, básicas en el individuo, de cuyo desarrollo se ocupan los procesos de inculcación básica y de formación, y que resultan preparatorias de un desempeño eficaz para el desarrollo profesional.	Se trata de competencias conductuales relacionadas con el desempeño eficaz de una posición desde el punto de vista tanto de la actuación personal, individual como de la adaptación del profesional a la vida de una organización estructurada para evolucionar dentro de tal organización.	Se trata de competencias conductuales que resultan relacionadas con el éxito en las tareas que suponen contacto interpersonal para el correcto desempeño de las actividades del proceso. Este tipo de habilidades está íntimamente implicado con la eficacia en posiciones de contacto social.	Se trata de competencias conductuales que resultan imprescindibles para dirigir a otras personas dentro de la organización, orientando su desempeño, en diferentes niveles de supervisión y con distintos grados de responsabilidad.
	CAPACIDADES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis</li> <li>- Decisión</li> <li>- Independencia</li> <li>- Innovación/creatividad</li> <li>- Juicio</li> <li>- Tolerancia al estrés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auto-organización</li> <li>- Gestión del riesgo</li> <li>- Conocimiento del entorno</li> <li>- Disciplina</li> <li>- Orientación ambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atención al cliente</li> <li>- Capacidad de negociación</li> <li>- Empatía</li> <li>- Sociabilidad</li> <li>- Trabajo en equipo/cooperación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluación de los colaboradores</li> <li>- Liderazgo de grupos</li> <li>- Planificación y organización</li> </ul>

Tabla 1. Clasificación de capacidades

### 3.1. Formalización de las relaciones capacidad - persona y capacidad - rol

Para determinar los factores de la personalidad o conductas indicadoras de la personalidad que están asociadas con las personas involucradas en los procesos de desarrollo de software, se propone una Tabla de Correspondencia entre cada una de las 20 capacidades definidas y los factores de la personalidad de un test psicométrico. En este trabajo se utiliza el Test de personalidad de tipo proyectivo: 16 PF-5, Cuestionario Factorial de Personalidad Forma 5 descrito por Russell y Karol [19]. Este test evalúa la estructura de la personalidad, identificando los principales componentes de la misma, y predice la conducta de las personas en diversas situaciones y actividades.

El 16 PF-5 mide 16 rasgos primarios de personalidad identificados por Cattell et al. [5] tales como afabilidad, razonamiento y estabilidad, que describen conductas humanas de primer orden, y cinco dimensiones globales de la personalidad tales como extraversión, ansiedad, dureza, independencia y auto-control.

Una vez detectados los rasgos primarios y las dimensiones globales de la personalidad del individuo (mediante el test 16 PF-5) se utiliza la Tabla de Correspondencia (Tabla 2) en el Procedimiento de Evaluación de las Capacidades de las

Personas para integrar y determinar las capacidades pertinentes al desarrollo de software. Esta correspondencia relaciona los factores de personalidad del test 16 PF-5 y las capacidades de las personas. Cada uno de estos factores tiene un polo bajo (representado con el signo “-”) y un polo alto (representado con el signo “+”). Por ejemplo, Estabilidad- describe una persona reactiva y emocionalmente cambiante y Estabilidad+ una persona emocionalmente estable, adaptada y madura. Este test psicométrico permite la determinación de conductas indicadoras de las capacidades de la persona mediante el análisis factorial del conjunto de descriptores de la personalidad total.

Por ejemplo, para la fila de análisis (Tabla 2), la conducta de la persona indica que es una persona con elevada potencia mental, perspicaz y de rápido aprendizaje (Razonamiento+), y a su vez denota una persona con sentido práctico y con los pies en la tierra, es decir realista y práctica (Abstracción-).

Capacidades		Escala y dimensiones del Test PF-5																
		Afabilidad	Razonamiento	Estabilidad	Dominancia	Atención a normas	Sensibilidad	Vigilancia	Abstracción	Privacidad	Aprensión	Apertura al cambio	Autosuficiencia	Perfeccionismo	Tensión	Ansiedad	Dureza	Independencia
Habilidades intrapersonales	Análisis		+					-										
	Decisión																	+
	Independencia				+													+
	Innovación / Creatividad							+			+							
	Juicio		+						-									
	Tenacidad			+										+				
	Tolerancia al estrés														+	-	-	
Habilidades organizativas	Auto-organización													+				
	Gestión del riesgo		+															
	Conocimiento del Entorno							+				+						
	Disciplina						+											
	Orientación ambiental							+										
Habilidades interpersonales	Atención al cliente		+				+											
	Capacidad de negociación		+							+								
	Empatía		+															
	Sociabilidad		+															
	Trabajo en equipo/cooperación													+				
Habilidades directivas	Evaluación de los colaboradores									+								
	Liderazgo de grupos				+						-		+					
	Planificación y organización													+				

**Tabla 2.** Correspondencia entre los factores de personalidad del test 16 PF-5 y las capacidades de las personas

Para la definición de esta correspondencia se han realizado dos tareas: a) un análisis bidireccional tanto de los requisitos de personalidad de cada capacidad como de las facetas conductuales de cada factor de la personalidad; y b) una síntesis valorativa con la participación de psicólogos laborales de la Universidad Complutense de Madrid y de la empresa TEA, España.

En la formalización de la relación capacidad-rol, para cada rol del proceso se han definido las capacidades necesarias para la consecución con éxito de las actividades asociadas. Las capacidades propuestas son las obligatorias para cada rol. Esto no implica que la persona pueda poseer otras capacidades deseables. Se determina así, la Tabla Roles-Capacidades (Tabla 3). Esta tabla ha sido elaborada a través de un análisis de las competencias conductuales requeridas para el desempeño eficaz de cada rol. Para ello, se ha llevado a cabo un proceso de reflexión que ha involucrado múltiples tareas de análisis: a) análisis de las actividades realizadas por cada rol; b) análisis de las situaciones críticas para el éxito en el desempeño de cada rol, clasificadas según las cuatro categorías de capacidades descritas anteriormente, considerando así situaciones individuales, organizativas, grupales o directivas; c) análisis de las 20 competencias conductuales propuestas, determinando las competencias que sean requeridas por cada una de dichas situaciones críticas para alcanzar un resultado positivo, pensando en todo momento que se trata de situaciones críticas sin cuya realización adecuada es imposible o muy improbable alcanzar el resultado deseado. De igual modo, se ha considerado que al hablar de competencias conductuales requeridas nos referimos a aquellas que son realmente imprescindibles (y no sólo

deseables o, incluso, importantes). Se trata de competencias conductuales que debe poseer la persona que desempeña el rol y en cuya ausencia la situación crítica no puede realizarse completa o adecuadamente y, en consecuencia, el objetivo del subproceso correspondiente no se alcanza. El resultado de esta reflexión se ha reflejado en tablas similares a la Tabla 3 por situación crítica y por rol. Finalmente, mediante sesiones participativas se ha repasado en forma sistemática y completa la lista de competencias conductuales indicando aquellas que resultan necesarias para resolver con éxito cada una de las situaciones críticas y la relevancia o importancia (A=alta o M=media) de cada una de ellas. En estas sesiones participativas han intervenido personas que realizan el rol que se está analizando, personas que desempeñan roles que le suministran productos de entrada a este rol y personas que consumen los productos generados por el rol en cuestión y la psicóloga laboral Marta Aparicio de la Universidad Complutense de Madrid, España, para la revisión de las capacidades consensuadas por los expertos en el desarrollo de Software.

PROCESOS	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	Socialización	Trabajo en equipo/colaboración	Buscador de los colaboradores	Liderazgo de grupos	Planificación y organización
PROCESO DE SELECCIÓN DEL MC/VS	Seleccionador del MC/VS	A	A	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM
PROCESO DE GESTIÓN DEL PROYECTO																					
Proceso de Iniciación, Planificación y Estimación del Proyecto	Planificador	A	A	MM	MM	A	A	MM	A		MM	A	MM	A	MM	A	MM	A	MM	A	A
Proceso de Seguimiento y Control del Proyecto	Controlador	A	A	MM	MM	A	A	MM	A		MM	A	MM	A	MM	A	MM	A	MM	A	A
Proceso de Gestión de Calidad del Software	Ingeniero de Calidad	A	A	MM	MM			MM	MM		MM			MM			A	MM	A	MM	A
Proceso de Asignación de Personas a Roles	Asignador de Roles	A	A	MM	MM			MM	MM		MM			MM			A	MM	A	MM	A
PROCESOS DE MODELACIÓN DEL SOFTWARE																					
PROCESOS DE EXPLORACIÓN																					
Proceso de Estudio del Dominio	Analista del Dominio Organizacional	A	MM	MM	A	MM	MM			A				MM	MM	MM	A				
Proceso de Estudio de Viabilidad	Analista de Viabilidad	A	MM	MM	A	MM	MM			A				MM	MM	MM	A				
PROCESOS DE CONCEPTUALIZACIÓN																					
Proceso de Análisis de Sistemas	Analista de Sistemas	A				A	MM							MM	A	MM	MM	A			
Proceso de Análisis del Conocimiento	Analista del Conocimiento	A				A	MM							MM	A	MM	MM	A			
Proceso de Análisis de Requisitos	Especialista de Requisitos	A				A	MM							MM	A	MM	MM	A			
PROCESOS DE FORMALIZACIÓN																					
Proceso de Diseño	Diseñador	A	A	MM			MM	MM	A			MM	MM			MM	MM				

Tabla 3. Capacidades y rol por subproceso del modelo

### 3.2. Procedimiento de evaluación de las capacidades de las personas

El Procedimiento de Evaluación de Capacidades de las Personas se centra en cómo determinar las capacidades de las personas involucradas en el proceso software. Este procedimiento está descrito en [3]. La salida del Procedimiento de Evaluación de Capacidades de las Personas está formada principalmente por dos modelos (Figura 2): el Modelo de Factores de Personalidad y el Modelo de Lista de Capacidades de las personas.

El primero, Modelo de Factores de Personalidad, involucra un perfil gráfico de los 16 factores primarios de la personalidad y de las cinco dimensiones globales del test 16 PF-5. El Modelo de Lista de Capacidades de las personas, integra las valoraciones analíticas anteriores de forma coherente y presenta las capacidades de las personas junto con su nivel de requerimiento, determinadas a través de la Tabla de Correspondencia. Además, este documento involucra una valoración sintética de las características de la personalidad y habilidades de la persona.

Las etapas del procedimiento se presentan en la Tabla 4. Es conveniente aclarar que este procedimiento no se realiza para cada proyecto, sino la idea involucra lo siguiente: a) la existencia en la organización de una base de datos con las capacidades del personal; b) la revisión de esta base cada año por las variaciones de personalidad individuales; y c) la utilización de esta información por parte del jefe de proyecto cuando tenga que asignar personas a roles.

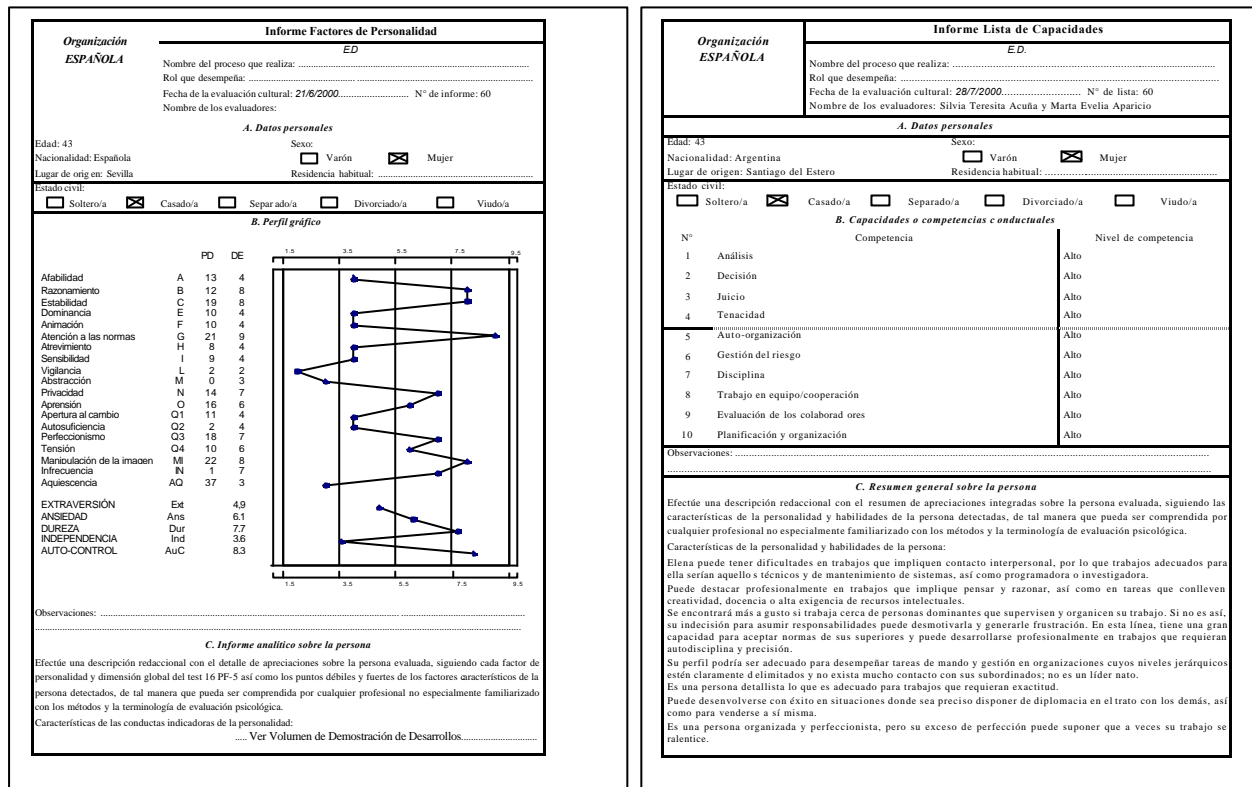


Figura 2. Modelo de Factores de Personalidad y Modelo de Lista de Capacidades de las Personas

Etapas	Actividad	Salida
<b>Identificación de Factores de Personalidad</b>	Se desarrolla el Modelo de Factores de Personalidad, que contiene la lista de conductas indicadoras de la personalidad de cada miembro involucrado en el proceso de desarrollo de software, obtenida a través del Test 16 PF-5.	<b>Modelo de Factores de Personalidad</b>
<b>Determinación de Capacidades de las Personas</b>	En esta etapa se organizan y estructuran los factores de personalidad en un modelo que contendrá las capacidades o competencias conductuales de las personas consideradas. Se utiliza la Tabla de Correspondencia (Tabla 2).	<b>Modelo de Personas Preliminar</b>
<b>Validación del Modelo de Personas</b>	Se verifica las capacidades que posee la persona mediante una entrevista focalizada. La entrevista tiene como objetivo la comprobación correcta y minuciosa de las capacidades que posee la persona para posteriormente asignarle o reasignarle un determinado rol.	<b>Modelo de Personas Validado</b>

Tabla 4. Procedimiento de Evaluación de Capacidades de las Personas

### 3.3. Proceso de Asignación de Personas a Roles

El proceso descrito previamente está íntimamente relacionado con el Procedimiento de Asignación de Personas a Roles, a través del elemento Capacidades. Éstas constituyen el elemento integrador entre el perfil de cada persona y el perfil de cada rol. El Procedimiento de Asignación de Personas a Roles, permite realizar la asignación de personas para desempeñar roles, es decir para llevar a cabo las actividades de cada subproceso, según las capacidades que poseen las personas y que requieren los roles. Para alcanzar su objetivo, el Procedimiento de Asignación de Personas a Roles

conlleva un proceso de estructuración de los perfiles obtenidos en cuatro actividades: comparación, evaluación, seguimiento y consolidación y documentación. A continuación se describe cada actividad.

*Actividad “Comparar perfil personal-perfil de rol”*: se analiza cada perfil de persona con cada perfil de rol buscando el mayor grado de coincidencia entre el perfil personal y el del rol. Es decir, en esta actividad se trabaja con el Modelo de Factores de Personalidad generado en el Procedimiento de Evaluación de las Capacidades de las Personas y el Perfil de Capacidades. Se establece para cada rol la *proporción entre el número de factores de personalidad individual que coincide con los requeridos por el rol y el número de factores total requeridos por el rol*. De este modo se intenta predecir, con la mayor probabilidad posible, la conducta de la persona ante un determinado rol en función de unas respuestas de la persona al cuestionario factorial de personalidad 16 PF-5. Se obtiene así, como salida de esta actividad, la Tabla Persona-Subprocesos-Roles-Ajuste.

*Actividad “Evaluar los resultados”*: se decide si una persona se incluye o no en un rol considerando las siguientes reglas de asignación: Si la persona se ajusta al rol con un acuerdo mayor o igual que el 50%, entonces la persona se asigna al rol para su participación correspondiente en el proyecto. Si hubiera un grado de acuerdo similar con dos roles, se le asignaría a uno de ellos en función de un mayor número de factores de personalidad clasificados en el nivel alto. Si el grado de coincidencia entre el perfil personal con el perfil de rol es menor que el 50% y mayor o igual al 30%, la probabilidad de un buen ajuste de la persona a un rol sería mucho menor, por lo cual, lo único que se puede hacer es buscar el rol cuyo perfil fuese más similar al de la persona, entonces la persona es asignada al rol, pero participa también en programas de formación para incorporarse después a un rol con un acuerdo mayor o igual al 50%. Caso contrario, si el ajuste es menor que el 30%, la persona ingresa directamente a programas de formación para incorporarse posteriormente a un rol del proceso software.

*Actividad “Realizar el seguimiento y consolidación del desempeño”*: donde se asegura que el efecto del ajuste rol-persona perdure, valorando si su asignación personalizada ha logrado mejorar el rendimiento actual, comunicando los desvíos y asegurando que no disminuya aquel efecto en virtud de la aplicación de técnicas probadas, que apoyan y sostienen la asignación realizada. Se genera el Informe Histórico del Desempeño.

*Actividad “Documentación”*: en esta actividad se archivan convenientemente los resultados de cada actividad.

Estas actividades no son estrictamente secuenciales, ni los documentos que producen pasan sólo a la siguiente, sino que se relacionan, se retroalimentan unas a otras y se pueden ejecutar en diversas secuencias.

### *3.4. Validación de los procedimientos*

La hipótesis planteada, que se comprobó a través de un experimento fue que: la distribución de roles según las capacidades de las personas y las capacidades requeridas por el rol influye en la eficacia y eficiencia del desarrollo de software. El experimento detallado en [3] consistió en dos muestras de 8 proyectos de software llevados a cabo en una organización desarrolladora de software de Argentina. La experimentación se realizó sobre los Procesos de Iniciación, Planificación y Estimación del Proyecto, Análisis de Requisitos, Diseño y Verificación y Validación para obtener la modelización del sistema, realizada por personas con similar experiencia en el paradigma estructurado. En 4 de los proyectos seleccionados al azar, se asignaron las personas según las preferencias del gestor del equipo (básicamente respondían a las experiencias propias), es decir tal como se realiza habitualmente en los proyectos de desarrollo de software. En los otros 4 proyectos las personas destinadas a la ejecución de cada uno de los procesos mencionados se asignaron a los roles de planificador, especificador de requisitos, diseñador y validador según la propuesta de este trabajo, es decir siguiendo el Procedimiento de Asignación de Personas a Roles, descrito anteriormente.

Las variables respuesta consideradas en este experimento y sus mediciones por criterio en cada proyecto y equipo son las siguientes:



- *Tiempo de Desarrollo.* Se realizó el cociente entre el tiempo real y el estimado por 100 para cada equipo y proceso de planificación, análisis de requisitos, diseño y verificación y validación. Además, esta misma medición se realizó para los cuatro procesos en forma conjunta.
- *Defectos en Revisiones Formales.* Se efectuó medición de los defectos en la revisión formal de la Especificación de Requisitos del Software y se computaron porcentaje de defectos sobre los puntos de función de cada proyecto y porcentaje de defectos sobre número de requisitos de cada proyecto.

Para analizar los datos obtenidos se utilizó la técnica estadística: Prueba de la Suma de los Órdenes de Wilcoxon [13], ya que los datos provienen de muestras independientes y no se distribuyen normalmente.

Los resultados para el criterio Tiempo de Desarrollo en cada proceso y en los cuatro procesos considerados en forma conjunta (Proyecto) se muestran en la Tabla 5. Se establece como hipótesis nula que los desvíos con respecto al tiempo estimado para los procesos son los mismos en los equipos con tratamiento que en los equipos sin tratamiento. La misma hipótesis se formula para los procesos fusionados. Los resultados de esta tabla resultan estadísticamente significativos. En consecuencia, se puede afirmar que en los cuatro procesos los equipos con tratamiento tuvieron un desvío menor en el tiempo de desarrollo del proyecto con respecto al tiempo estimado que los sin tratamiento. El resultado con respecto a los procesos fusionados es similar.

PROCESO	m	n	W	p menor o igual que
Iniciación, Planificación y Estimación del Proyecto	4	4	10,5 *	0,029
Verificación y Validación	4	4	10 *	0,014
Análisis de Requisitos	4	4	10 *	0,014
Diseño	4	4	10,5 *	0,029
Proyecto	4	4	10*	0,014

**Tabla 5.** Resultados del criterio tiempo de desarrollo de cada proceso y del proyecto

Considerando el criterio Defectos en Revisiones Formales de la Especificación de Requisitos del Software, en el caso donde se consideró número de errores/número de requisitos por 100 se obtuvo  $w=10$  ( $m=4$ ,  $n=4$ ,  $p<=0,014$ ), y en el de número de errores/puntos de función ajustados por 100 se obtuvo  $w=12$  ( $m=4$ ,  $n=4$ ,  $p<=0,057$ ). Bajo la hipótesis nula que los errores de los grupos con tratamiento tienen igual porcentaje de errores que los sin tratamiento, los resultados obtenidos permiten afirmar que los grupos con tratamiento tienen menor porcentaje de errores que los sin tratamiento.

#### 4. Conclusiones

Las personas influyen en los resultados del desarrollo de software y sus capacidades deben incorporarse como modelo de proceso para la asignación de personas a roles según las capacidades que aquellas poseen y que requieren los roles. Esta propuesta aporta:

- Descripciones formalizadas de las capacidades tanto de las personas como de los roles y de sus interacciones en el proceso software, mejorando la completitud y eficacia de los modelos existentes.
- Dos procedimientos, evaluados a través de experimentación, con etapas definidas, documentos detallados y guías para permitir la incorporación de las características culturales, es decir las capacidades de las personas involucradas en el proceso software y la asignación de roles según las capacidades de las personas y las capacidades requeridas por cada rol definido en el proceso.

Sobre la base de los resultados obtenidos en el experimento realizado, se puede afirmar que la propuesta del Modelo del Proceso Software Orientado a las Capacidades significa una mejora en la modelización del proceso software. Concretamente, la aplicación del Procedimiento de Asignación de Personas a Roles permite mejorar el desarrollo,

proporcionando guías definidas para incorporar las capacidades de las personas involucradas en el proceso software, facilitando la gestión de las personas en el desempeño de sus roles según sus capacidades al realizar en forma eficaz y eficiente las actividades asignadas.

El cierre del problema abierto, aquí tratado, ha provocado distintos problemas y caminos que permiten continuar profundizando en la línea aquí establecida. Entre estos caminos y problemas cabe destacar los siguientes:

- El refinamiento de la métrica de asignación de personas a roles. Se requiere llevar a cabo un diseño experimental que permita comprobar la independencia y el significado estadístico de la métrica para asignar personas a roles.
- Por último, la definición de un método para organizar los equipos de trabajo considerando las capacidades personales y las capacidades interpersonales a fin de alcanzar una sintonía al trabajar juntas, una resonancia en la comunicación interpersonal, y un eficaz y eficiente comportamiento de equipo.

## Referencias

1. A. de Ansorena Cao, *15 Pasos para la Selección de Personal. Métodos e Instrumentos*. (Paidós, 1999).
2. S. T. Acuña, *Capacities-Oriented Software Process Integral Model*. Ph.D. tesis, Universidad Politécnica de Madrid (2002).
3. S. T. Acuña y N. Juristo, Assigning people to roles in software projects. *Software: Practice & Experience*. 34: 675-696. (John Wiley & Sons, 2004).
4. R. Boam y P. Sparrow, *Focusing on Human Resources: A Competency-Based Approach*. (McGraw Hill, 1992).
5. R. B. Cattell, A. K. Cattell y H. E. P. Cattell, *Sixteen Personality Factor Questionnaire*, Fifth Edition. (Institute for Personality and Ability Testing, 1993).
6. B. Curtis, W. E. Hefley y S. A. Miller. *People Capability Model (P-CMM)*. Version 2.0. Software Engineering Institute. Maturity Model CMU/SEI – 2001-MM-001, 2001.
7. G. Engels y L. Groenewegen, SOCCA: Specifications of coordinated and cooperative activities. In *Software Process Modelling and Technology*, Eds. A. Finkelstein, J. Kramer y B. Nuseibeh, Cap. 4. (Research Studies Press, 1994) 71-102.
8. A. Fuggetta, Software process: A roadmap. In *The Future of Software Engineering*, Ed. A. Finkelstein, (ACM Press, 2000) 27-34.
9. G. Hamel y C. Prahalad, *Competing for the Future*. (Harvard Business School Press, 1994).
10. W. S. Humphrey, *Introduction to the Personal Software Process*. SEI Series in Software Engineering. (Addison-Wesley, 1997).
11. W. S. Humphrey, *Managing Technical People: Innovation, Teamwork and the Software Process*. (Addison-Wesley, 1998).
12. W. S. Humphrey, *Three Dimensions of Process Improvement*. Part III: The Team Software Process. (Crosstalk, 1998).
13. N. Juristo y A. M. Moreno, *Basics of Software Engineering Experimentation*. (Kluwer Academic Publishers, 2001).
14. S.-Y. Min y D.-H. Bae, MAM nets: A Petri-net based approach to software process modeling, analysis and management. *Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference on Software Engineering and Knowledge*

*Engineering* (Junio 1997) 78-86.

15. E. Molleman y M. Broekhuis, Sociotechnical systems: Towards an organizational learning approach. *Journal of Engineering and Technology Management* 18 (2001) 271-294.
16. J. L. Moses y W. C. Byham, *Applying the Assessment Center Method*. (Pergamon, 1997).
17. J. Slomp y E. Molleman, Cross-training policies and team performance. *International Journal of Production Research* 40 (2002) 1193-1219.
18. I. Sommerville y T. Rodden, Human, social and organisational influences on the software process. Lancaster University, Computing Department, Cooperative Systems Engineering Group, *Technical Report: CSEG/2/1995* (1995) 1-21.
19. M. T. Russell y D. L. Karol, *16PF Fifth Edition Administrator's Manual*. (Institute for Personality and Ability Testing, 1994).