

# Identificación del factor humano en el seguimiento de procesos de software en un medio ambiente universitario

Perla I. Jarillo-Nieto, Carlos Enríquez-Ramírez, Roberto A. Sánchez-Herrera

Universidad Politécnica de Tulancingo,  
México

{perla.jarillo, carlos.enriquez, roberto.sanchez}@upt.edu.mx

**Resumen.** La identificación del factor humano es importante al momento de conformar equipos de desarrollo de software. Mediante una selección adecuada se tiene un impacto positivo en el logro de los proyectos, además ayuda a que los equipos de desarrollo ya integrados tomen decisiones, referentes a la asignación de responsabilidades de los integrantes de proyectos futuros. En la presente investigación se obtienen algunos resultados sobre la implementación de procesos de desarrollo de software y como el factor humano influye en los mismos. Se hace uso del modelo de *Five Factor Model (FFM)* para identificar los rasgos de la personalidad y mediante un diseño experimental se conoce como impactan en la adopción de los procesos de desarrollo de software en un ambiente universitario.

**Palabras clave.** Factor humano, ingeniería de software, modelo de los cinco grandes.

## Human Factor Identification in the Tracking Software Process in Academic Environment

**Abstract.** The human factor is important in forming software development teams. A proper selection of human resources has a positive impact on the achievement of projects and helps existing development teams to make decisions concerning allocation of responsibilities of their members in future projects. In this research we present results on the implementation of software development processes using the Five Factor Model (FFM) within a university environment to identify personality traits and an experimental design to learn their impact on the adoption of software development processes.

**Keywords.** Human factor, software engineer, five factor model.

## 1. Introducción

Las empresas dedicadas al desarrollo de software están interesadas en que la producción se lleve a cabo en el tiempo establecido y con el menor costo posible. Las acciones que emprenden son para vigilar que se cumpla con elementos como son: las metodologías, los requerimientos técnicos, los lenguajes de programación, las métricas de calidad y el perfil técnico del personal que participará en el desarrollo. Sin embargo, se desatiende frecuentemente la importancia del factor humano, que influye en el desarrollo del software. [1]

Dadas las expectativas de crecimiento sostenido en la utilización de las tecnologías de la información, se espera que la producción de software siga creciendo para satisfacer la demanda [2]. Razón por la que este tipo de estudios deben realizarse en apoyo de la identificación de elementos que eficienten al subsector de desarrollo de software.

El propósito de este trabajo es identificar qué rasgos de la personalidad predominan en el manejo de los procesos de software; en una de las actividades de mayor importancia como es la construcción de software, en la que México cuenta con el mayor número de personal, con aproximadamente el 40% del total de empleados [2].

La muestra de la investigación estuvo conformada por alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales de la Universidad Politécnica de Tulancingo. Una ventaja de la participación de alumnos en estudios experimentales es que su desempeño puede ser medido y evaluado de diferentes maneras. En [3] se logró identificar que sólo hay pequeñas

diferencias entre los estudiantes y los profesionales que pueden afectar su capacidad para realizar tareas relativamente pequeñas de juicio, por lo que aún se puede considerar confiable el realizar este tipo de investigaciones en la academia.

Para lograr el control de los procesos de desarrollo de software en los participantes del experimento se impartió un curso de *Personal Software Process* (PSP). En base al uso de PSP y al tratamiento estadístico se identificaron los rasgos de personalidad y su repercusión en la adopción de procesos de desarrollo de software.

La estructura del artículo es como sigue. En la segunda sección se tienen los antecedentes relacionados con el tratamiento que se ha dado al estudio de los factores humanos en la ingeniería de software. La sección tres el fundamento del uso del manejo de los procesos de software usados en la investigación. La sección cuatro muestra la metodología de desarrollo del trabajo. Finalmente, en la sección cinco se resaltan las principales conclusiones y consideraciones futuras.

## 2. Introducción al factor humano en la ingeniería de software

En esta sección se presenta una serie de antecedentes relacionados con la importancia del estudio, identificación y caracterización de los factores humanos y su impacto en el proceso de desarrollo de software. Existen estudios que tratan de encontrar una relación entre la personalidad y la ingeniería de software, entre las que se encuentran la asignación de roles, productividad, apego a procesos de desarrollo, resultados del proyecto, uso de la tecnología y pruebas de software.

A finales de los 90's, Tom DeMarco emplea el término *Peopleware* para enfatizar el papel de las personas en la formación de equipos productivos para el desarrollo de proyectos de desarrollo [1]. DeMarco establece el punto de partida para el surgimiento de investigaciones como la de Acuña [4], que define a las capacidades humanas para la adopción de roles en la ingeniería de software empleando modelos psicológicos. O en la de Baddoo [5] donde su propósito es identificar

factores que sustentan un buen rendimiento en los desarrolladores de software.

A partir del 2010 las aportaciones de los investigadores se hicieron más sólidas, pues empezaron a establecer la correlación entre la conducta humana y los procesos implícitos en la ingeniería de software, con más frecuencia, a través de la aplicación de modelos psicológicos como el de Myers-Briggs, conocido comúnmente como MBTI [6] y el modelo de *Big Five* [7].

La asignación de roles en cada una de las fases del desarrollo también han sido estudiadas, es decir, como influye la personalidad de un individuo en la ejecución de las tareas propias de alguna de la fase del desarrollo de software. Por ejemplo, en la investigación realizada por Kanij y colaboradores, obtienen que el impacto del desempeño en personas que toman el rol de probadores de software en el ambiente universitario se encuentra que los individuos extremadamente sociables no presentan eficientemente la documentación de defectos identificados en las aplicaciones [8].

Para el desarrollo de esta investigación se obtuvieron en la documentación consultada 69 factores humanos los cuales según los autores, impactan de manera positiva o negativa en el desarrollo de software. Los factores humanos mencionados con más frecuencia en la literatura revisada son el trabajo en equipo y la sociabilidad, que fueron mencionados 13 veces en la literatura, lo cual representa un 18.84%, seguidos por la apertura al cambio con un 15.94%; la empatía y la comunicación oral o escrita, con un 14.49% cada uno.

Los siguientes factores son también mencionados como parte de la revisión de la literatura: la solución de problemas, capacidad de análisis, autoorganización, trabajo autónomo, curiosidad por probar nuevas tecnologías y confianza. Identificándose que los rasgos mencionados están relacionados en alguna de las siguientes agrupaciones capacidades técnicas, procesos, capacidades y experiencias y/o cultura.

### 2.1. Capacidades técnicas

En los trabajos consultados para esta agrupación se hace mención de la importancia que los ingenieros de software deben cumplir con

habilidades técnicas que faciliten la realización de las tareas encomendadas [9]. Además de la curiosidad por probar nuevas tecnologías, la capacidad del programador, la experiencia en el uso de aplicaciones de desarrollo y el uso de la plataforma tecnológica, la administración de la aplicación, entre otros factores. Éstos son mencionados por los autores como son [4, 5, 10, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 8]. Se encontró que el 50% de los autores hace mención del factor curiosidad por probar nuevas tecnologías y, en un 35%, del conocimiento del entorno de trabajo, siendo los tópicos mas abordados dentro de esta categoría.

## 2.2. Procesos

Para esta categoría se hace referencia a la facilidad con que una persona realiza el planteamiento de estrategias para el logro de los objetivos organizacionales, principalmente los relacionados con la dirección de los proyectos de desarrollo. Se revisaron los siguientes trabajos: [4, 10, 9, 20, 21, 16, 19, 8]. Identificando que el factor planificación y organización fue mencionado por 6 de 8 autores.

## 2.3. Capacidades y experiencias

Son los factores que están relacionados con la personalidad y habilidades de los individuos, los que denotan su destreza para resolver problemas en el desarrollo de software basados en experiencias previas dentro del ámbito laboral: la forma en que una persona soluciona algo con base a situaciones similares que vivió en el pasado. También están relacionados a la formación profesional: las competencias que desarrolló durante el periodo educativo; o en capacidades naturales de su personalidad: control de sus emociones y pensamientos. Las investigaciones que hacen mención de estos rasgo son [4, 5, 10, 9, 20, 11, 12, 22, 13, 14, 23, 21, 16, 17, 18, 24, 19, 25, 8]. Se identificó que el rasgo más predominante fue la solución de problemas en un 47.36%, seguido de capacidad de análisis y auto-organización con 42.10%.

## 2.4. Cultura

Incluye factores que involucran a grupos de personas y la forma en que se comportan de manera individual y entre ellos, derivados del ambiente laboral, educación y costumbres en su contexto. Existen factores de cultura corporativa, aquellos que están en un nivel más alto en toda la compañía, y factores de equipo, autores que hacen mención de esta característica son: [4, 5, 10, 9, 20, 11, 12, 22, 13, 14, 23, 15, 21, 16, 24, 17, 18, 25, 19, 26, 8].

De la revisión y clasificación de los factores en los cuatro grupos se determina realizar el trabajo de identificar que rasgo influye en el manejo de procesos en el desarrollo de software. Mediante el uso de un mecanismo apropiado para el manejo de los mismos como es el PSP, que en la siguiente sección se describe de manera breve, se toma como guía ya que su estructura permite un seguimiento sistemático.

## 3. Proceso personal de desarrollo de software

Se diseño PSP para ayudar a ingenieros de software en la administración de su trabajo, mediante métodos detallados de planificación y estimación. Muestra como controlar el rendimiento frente a los planes y explica como los procesos definidos guían el trabajo, además explica cómo ajustar los procesos para alcanzar los objetivos. Consiste de siete pasos, que van desde la medición personal hasta el desarrollo en ciclos [27], sin embargo, para fines de esta investigación se consideran los cuatro primeros que se centran en la evaluación del proceso actual, planeación de proyectos, estimaciones del tamaño del producto y registro de defectos ya que la naturaleza de la investigación permite hacer uso de algunos procesos para identificar la importancia que tiene el factor humano en el seguimiento de los mismos. En cada uno de los procesos existe un guion específico para las seis fases del desarrollo: Planificación, diseño, codificación, puebas y posmortem.

#### 4. Metodología

A partir de los referentes teóricos y el estudio del estado del arte definidos en las secciones anteriores, se define la hipótesis de investigación y la metodología a seguir para su comprobación.

H<sub>i</sub>: Los rasgos de la personalidad impactan en el apego a los procesos de ingeniería de software.

H<sub>0</sub>: El apego a los procesos de ingeniería de software es independiente a los rasgos de la personalidad.

La investigación es descriptiva, específicamente transeccional correlacional; este tipo de estudios miden dos o más variables para conocer si están o no relacionadas [28].

Se plantea la propuesta para el diseño experimental, mediante un diseño al azar, con una muestra no probabilística [28], con un total de 29 estudiantes de nivel licenciatura en Ingeniería de Sistemas Computacionales. Los estudiantes tenían conocimientos en el desarrollo de aplicaciones con el lenguaje Java, principios de Ingeniería de Software que involucran metodologías de desarrollo, análisis de requerimientos y pruebas, además de poseer la habilidad para aplicar principios tecnológicos en la solución de problemas. La edad entre los participantes oscila entre 20 y 25 años.

El diseño completamente al azar (DCA) se utilizó para comparar dos o más tratamientos (rasgos de la personalidad) y el error aleatorio. El número de observaciones (apego al proceso PSP) por tratamiento se obtuvo de acuerdo al número de individuos identificados en cada rasgo de personalidad.

Para identificar los rasgos de la personalidad, se aplicó a los 29 participantes el instrumento de personalidad IPIP-FFM (*International Personality Item Pool -Five Factor Model*). La prueba consiste de 50 preguntas, divididas en grupos de 10 por cada rasgo de la personalidad: escrupulosidad, amabilidad, extroversión, apertura a la experiencia y neurotismo, es decir, cada pregunta está asociada de manera positiva o negativa, de acuerdo a su naturaleza, con un rasgo de personalidad en particular [29], haciendo uso de una escala de Likert.

La prueba de personalidad se aplicó a través de un sitio web de producción propia que se habilitó disponible en <http://mifhisupt.com>, para

facilitar a los participantes la aplicación del cuestionario.

Los resultados demuestran que el 37.93% de los encuestados tienen un rasgo predominante de amabilidad, el 20.68% de apertura a la experiencia, 24.13% de escrupulosidad y 17.24% de neurotismo. No se obtuvo en la muestra características de un rasgo de extroversión.

Se aplicó una capacitación a los alumnos en el manejo de los instrumentos del proceso (guiones y formatos) del PSP. Posteriormente el participante realizaba la entrega en tiempo y forma según el guion de actividades del proceso. Mediante el siguiente orden se realizó la recepción de los procesos: PSP0 es el nivel en el que se lleva a cabo una medición personal haciendo un registro de los tiempos gastados en cada una de las fases. En el PSP0.1 se hace el desarrollo aplicando un estándar de codificación, una medición en líneas de código fuente (LOC) de la aplicación generada y se hacen propuestas de mejora para cada problemática encontrada. En PSP1 se trabaja con un método estadístico denominado *PROxy Based Estimating* (PROBE) para la estimación de tamaño en Líneas de Código (*Lines of Code - LOC*) del programa y se generan reportes de pruebas. Por último, en PSP1.1 se realiza un cronograma de actividades y se da seguimiento a las mismas, a partir de la planificación realizada.

En cada uno de los procesos existe un guion específico para seis fases del desarrollo, en las que se describen actividades específicas para cada nivel. De manera general se describen como sigue:

- Planificación. Se describe el problema a resolver y se generan los requisitos, además de estimar los tiempos y tamaño del producto.
- Diseño. Se plantea un diseño para el programa que se ajuste a los requerimientos.
- Codificación. Se implementa el diseño creado. A partir de PSP0.1 se aplica un estándar de codificación.
- Compilación. Se compila el programa y se corrigen los errores encontrados.
- Pruebas. Se prueba el programa y se corrigen errores encontrados.
- Postmortem. Se completan los formatos de PSP, verificando que no existan inconsistencias u omisiones en los datos.

**Tabla 1.** Apego a PSP

	<b>PSP0</b>	<b>PSP0.1</b>	<b>PSP1</b>	<b>PSP1.1</b>	<b>Promedio</b>
<b>Amabilidad</b>					
	100	96	100	92.59	97.14
	77.7	100	100	92.59	92.57
	83.3	100	100	85.18	92.12
	77.7	86.32	96	96.59	89.15
	100	100	100	70.37	92.59
	44.4	100	96	77.77	79.54
	72.2	68.18	88	96.29	85.49
	72.22	72.27	100	100	86.12
	88.8	86.32	100	100	93.78
	100	100	100	90	97.5
	100	81.81	96	95.59	93.35
	<b>Promedio general</b>		<b>90.85</b>		
<b>Apertura a la experiencia</b>					
	100	100	96	96.29	98.07
	72.2	63.6	100	88.8	81.15
	83.3	77.27	84	96.29	85.21
	100	100	80	77.7	89.42
	100	100	80	81.48	90.37
	100	100	100	100	100
	<b>Promedio general</b>		<b>90.7</b>		
<b>Escrupulosidad</b>					
	61.11	72.27	92	96.29	80.41
	83.3	100	100	95.59	94.72
	95	81.81	84	70.37	82.79
	88.8	72.27	100	62.96	81
	100	68.18	92	92.59	88.1
	72.2	72.27	88.8	77.77	77.76
	100	77.27	100	95.59	93.215
	<b>Promedio general</b>		<b>85.44</b>		
<b>Neurotismo</b>					
	100	43.18	50	96.29	72.36
	55.5	43.18	50	96.29	61.24
	100	50	48	92.59	72.64
	77.7	72.27	92	96.29	84.56
	100	43.18	38	92.59	68.44
	<b>Promedio general</b>		<b>71.85</b>		

**Tabla 2.** Promedios de PSP por rasgo de personalidad

Amabilidad	Apertura a la experiencia	Escrupulosidad	Neurotismo
Apego a PSP	97.14	98.07	72.36
	92.57	81.15	61.24
	92.12	85.21	72.64
	89.15	89.42	84.56
	92.59	90.37	68.44
	79.54	100	77.76
	85.49		93.21
	86.12		
	93.7		
	97.5		
	93.35		

En cada una de las fases el desarrollador hace una medición del tiempo invertido, de manera que al finalizar el proceso tenga conocimiento de cuánto gastó y le sirva como referencia para futuras estimaciones.

#### 4.1. Exploración de los datos: ANOVA para DCA no balanceado

Después de aplicar el cuestionario de personalidad y completar los procesos seleccionados, los 29 estudiantes fueron categorizados de acuerdo al rasgo predominante de su personalidad, identificado en la prueba IPIP-FFM: amabilidad, apertura a la experiencia, escrupulosidad y neurotismo. A partir de estos grupos, se obtuvieron un promedio de los cuatro niveles de PSP evaluados por cada participante, como se muestra en la tabla 1.

Es de interés conocer cuáles son los rasgos de personalidad que demuestran un menor o mayor apego a los procesos PSP seleccionados. Para ello se empleó ANOVA, que es una técnica central en el análisis de datos experimentales. Consiste en separar la variabilidad debida a los tratamientos y al error. Cuando la primera predomina claramente sobre la segunda, es cuando se concluye que los tratamientos tienen efecto, las medias son diferentes [30].

En este diseño se tienen 4 tratamientos, representados por cada uno de los rasgos de personalidad identificados, y la evaluación del apego a PSP. Se puede apreciar en la Tabla 2, que el total de lecturas para cada tratamiento (rasgo de la personalidad) son diferentes; a este tipo de experimentos se les denomina no balanceados [30].

Se desea saber si existen diferencias significativas en el apego a PSP entre los diferentes rasgos de personalidad empleando un nivel de significancia de 0.05. Mediante el análisis de ANOVA se considera que se tiene una población N=29 estudiantes y a=4 tratamientos.

Se empleó un software estadístico (SPSS) para realizar la prueba de ANOVA, a fin de obtener una respuesta formal sobre la diferencia significativa entre las medias.

Los resultados de la prueba se muestran en la Tabla 3. Se puede observar que el valor-p es menor que el valor de significancia 0.05, además el cuadrado medio entre los tratamientos es varias veces mayor al cuadrado medio dentro de los tratamientos. Considerando que la  $F_{a-1, N-a}$  requerida es  $F_{0.05, 4-1, 29-4} = 2.99$ , de acuerdo a la tabla de la distribución F, se puede afirmar que  $F_0$  es mayor, por lo que se concluye que las medias son diferentes.

**Tabla 3.** Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F <sub>0</sub>	Valor p
Entre los tratamientos	1393.0196	3	464.3398	10.51785	0000
Error (dentro de los tratamientos)	1103.6940	25	44.1477		
Total	2496.7136	28			

**Tabla 4.** Contrastos de medias

Rasgo (I)	Rasgo (J)	Media rasgo (I)	Media rasgo (J)	Valor absoluto de la diferencia de medias
1	2	90.85	90.70	0.147
1	3	90.85	85.44	5.40
1	4	90.85	71.85	18.99
2	3	90.70	85.44	5.26
2	4	90.70	71.85	18.85
3	4	85.44	71.85	13.59

1. Amabilidad, 2. Apertura a la experiencia, 3. Escrupulosidad, 4. Neurotismo

Hasta ahora se conoce que existen diferencias del apego a PSP entre cada uno de los rasgos, pero es de interés conocer las medias que son significativamente diferentes de las demás. Se hacen seis posibles combinaciones entre los tratamientos para contrastar sus medias. Las hipótesis a comprobar son:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

$$H_0: \mu_1 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_3$$

$$H_0: \mu_2 = \mu_4$$

$$H_1: \mu_2 \neq \mu_4$$

$$H_0: \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1: \mu_3 \neq \mu_4$$

$$H_0: \mu_1 = \mu_4$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_4$$

$$H_0: \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_2 \neq \mu_3$$

Al obtener el valor absoluto de la diferencias de sus medias (Tabla 4) se identifica que los valores más grandes se encuentran al comparar los rasgos de amabilidad (1), apertura a la experiencia (2) y escrupulosidad (3) contra el rasgo neurotismo (4)

Se realiza una gráfica de cajas (Figura 1) que representa a la distribución de medias de apego al uso de procesos con respecto al rasgo de personalidad. En las comparaciones de Fisher se agrupan los rasgos de la personalidad que no tienen diferencias significativas entre si y los que si muestran alguna variación importante.

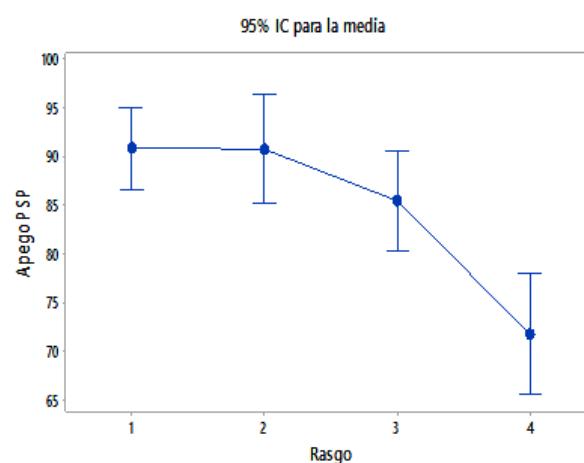
En la Tabla 5 se aprecia que el rasgo de neurotismo marcado con el número 4, es el único que se encuentra en la categoría de agrupación B, mientras que los otros rasgos pertenecen a la agrupación A.

Se requiere la aplicación de una prueba estadística que confirme formalmente si las diferencias encontradas son significativas, como la de Fisher.

**Tabla 5.** Parejas de Fisher

Rasgo	N	Media	Agrupación
1	11	90.85	A
2	6	90.71	A
3	7	85.45	A
4	5	71.85	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

**Fig.1.** Intervalos de Apego a PSP por rasgo de personalidad**Tabla 6.** Prueba de normalidad

Factor	Shapiro-Wilks		
	Estadístico	GI	Valor-p
Amabilidad (1)	0.92	11	0.323
Apertura a la experiencia (2)	0.948	6	0.721
Escrupulosidad (3)	0.902	7	0.343
Neurotismo (4)	0.951	5	0.747

La tabla se obtuvo en el software estadístico, para las comparaciones múltiples entre los diferentes rasgos de la personalidad y el apego a

PSP demostrado análisis previo, que el rasgo de neurotismo está por debajo de los otros rasgos.

#### 4.1.1. Verificación de los supuestos del diseño no balanceado

Es necesario comprobar la validez de los supuestos en cualquier análisis de varianza mediante tres pruebas: normalidad, varianza constante (igual varianza de los tratamientos) e independencia [30, p. 68]. En esta sección se presentan las pruebas de Shapiro Wilks, para comprobar la normalidad de los datos observados, la prueba de Levene para la homogeneidad de varianzas y la de Durbin Watson para validar la independencia. Estas pruebas son importantes para confirmar que los resultados de la prueba de ANOVA sean confiables.

##### 4.1.1.1. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks

Se quiere verificar si dichos datos fueron generados por un proceso normal, mediante las hipótesis estadísticas:

$H_0$ : Las puntuaciones del apego a PSP proceden de una distribución normal ( $F(x)$  es normal).

$H_A$ : Las puntuaciones del apego a PSP no proceden de una distribución normal ( $F(x)$  no es normal).

Para el caso de este experimento  $n=29$ , con un nivel de significancia  $\alpha$  de 0.05 y confianza de .95. Se lee en la tabla de valores críticos dada por Shapiro-Wilks, el cuantil 95 es  $W_{1-0.05}=0.985$ . Con base a los resultados de la prueba realizada en un software estadístico, se acepta la hipótesis nula. El valor de significancia, en la tabla 6, de la columna con el encabezado *valor-p* para cada grupo es mayor que 0.05 y el estadístico obtenido para cada grupo es menor que  $W_{1-\alpha}$ .

##### 4.1.1.2. Prueba de varianza constante

Para verificar si los tratamientos tienen la misma varianza se empleó el test de Levene para homogeneidad de varianzas. Se quiere verificar si los datos tienen varianza constante mediante las siguientes hipótesis estadísticas:

$H_0$ : Las varianzas de cada rasgo de la personalidad evaluado son iguales.

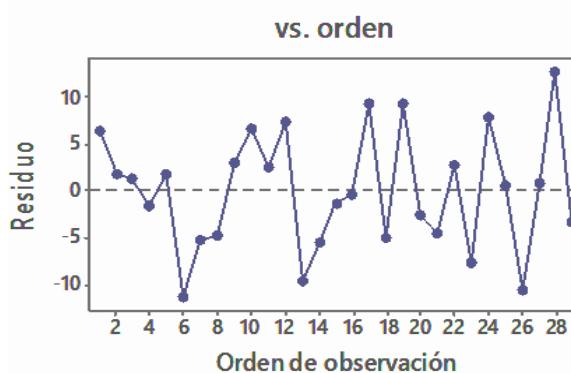
$H_A$ : Las varianzas de cada rasgo de la personalidad evaluado no son iguales.

**Tabla 7.** Prueba de Levene

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0.330	3	25	.804

**Tabla 8.** Prueba de Durbin Watson

Modelo	1
R	.672
R cuadrado	.451
R cuadrado corregida	.424
Error típ. de la estimación	7.21243
Durbin-Watson	1.871

**Fig. 2.** Residuos en orden de observación de PSP

El nivel de significancia (Sig.) nos indica la probabilidad de que se cumpla  $H_0$ . Un valor mayor a 0.05 nos indica que se debe aceptar esta hipótesis. Al completar la prueba se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 7.

Como se puede apreciar, el nivel de significancia 0.804, obtenido de la prueba de Levene, es mayor a 0.05. Asimismo, el cuantil de la distribución F, para  $F(0.05, 4-1, 29-4) = 2.99$ , es mayor al estadístico de Levene = 0.330. Se puede afirmar que la muestra tiene varianza constante.

#### 4.1.1.3. Prueba de independencia

La prueba de independencia, tabla 8, se hace para verificar que no exista contaminación en las

observaciones, debidas a las inmediatas anteriores. Después de realizar la prueba en el software estadístico es posible asegurar que el modelo cumple con independencia ya que el estadístico  $d=1.871$  y los valores  $d_L =1.12$  y  $d_U =1.74$ , de acuerdo a las tablas con residuos  $n=29$ ,  $\alpha =0.05$  y  $p-1=1$  variables regresoras. Se cumple que  $d > d_U$  y es falso que  $d < d_L$ .

El supuesto de Durbin Watson se puede confirmar graficando los residuos en el orden en que tuvieron lugar las observaciones. La gráfica que confirma la validez de este supuesto se despliega en la figura 2.

Se aprecia que no existe un patrón definido en la banda horizontal al graficar residuos en el orden de observación, por lo que existe independencia. Concluyendo la validez del diseño, pues no se observa alguna tendencia entre los residuos contra el ApegoPSP.

Con el análisis estadístico de las secciones anteriores se concluye que existen razones para confiar en que las personas que poseen como rasgo predominante el neurotismo demuestran menor apego a PSP que las personas que son definidas por rasgos de amabilidad, escrupulosidad y apertura a la experiencia. Esta afirmación conduce a la aceptación de la hipótesis de esta investigación:

Hi: Los rasgos de la personalidad impactan en la adopción de procesos de ingeniería de software

El neurotismo está asociado con factores humanos como: ansiedad, hostilidad, depresión, hostilidad e impulsividad. De acuerdo al análisis de los resultados, se espera que los desarrolladores mantengan un grado de neurotismo bajo, demostrando estabilidad emocional y autocontrol de los factores mencionados.

En [18] se usa el modelo de los cinco grandes para plantear los rasgos de personalidad idóneos en los ingenieros de software; se destaca que el neurotismo no es deseable en ninguna de las fases de desarrollo: análisis de sistemas, diseño, programación, pruebas o mantenimiento. Al igual que en esta investigación, se encontró que las personas con rasgos de amabilidad y apertura a la experiencia adoptarán mejor los procesos, pues son personas que se comunican de forma asertiva, tienen habilidades interpersonales, son organizadas y trabajan bien de forma autónoma o en equipo (amabilidad), tienen facilidad para la

resolución de problemas, son innovadoras, aprenden rápido y se adaptan fácilmente a los cambios (apertura a la experiencia). A diferencia de [18], en la presente investigación se identificó que también el rasgo de escrupulosidad es deseable en los ingenieros de software, debido a que son personas que dan atención minuciosa a los detalles y dan seguimiento puntual a los requerimientos.

## 5. Conclusiones

A partir del análisis de la varianza y considerando que existe validez en los supuestos de independencia, normalidad y homogeneidad de varianzas, es posible concluir que existen diferencias significativas en la adopción del proceso PSP entre los diferentes rasgos de personalidad, encontrando que las personas que poseen el neurotismo como rasgo predominante demuestran menor apego al uso de los procesos.

Los rasgos de amabilidad, apertura a la experiencia y escrupulosidad adoptan PSP satisfactoriamente, pero entre ellos no existen diferencias significativas. Esto significa que una persona que tenga como rasgo predominante alguno de éstos mostrará la tendencia de seguir un proceso de desarrollo que demande disciplina y auto-organización. En este estudio se encontró que una persona con el rasgo de amabilidad adopta el proceso PSP en un promedio de 90.85%, con el rasgo apertura a la experiencia en un 90.75%, escrupulosidad 85.45% y neurotismo 71.85%. Esto impacta directamente en la calidad del producto de software pues el criterio de salida del proceso PSP es obtener una aplicación probada exhaustivamente y que su diseño y funcionalidad se apegue a los requerimientos iniciales.

Aun cuando los resultados del experimento se pueden definir a través del diseño no balanceado, existen algunas desventajas de este tipo de diseños, la primera es que son más sensibles a las desviaciones pequeñas del supuesto de igualdad de las varianzas de los tratamientos.

Sin importar la metodología (formal o ágil) o tipo de desarrollo (propietario o libre), los factores humanos son importantes, aunque, por su naturaleza, más difíciles de identificar y sobre

todo, de cuantificar, que los recursos materiales necesarios en cualquier proyecto de desarrollo de software. A partir de los hallazgos descritos en las secciones anteriores es posible concluir que es deseable que los desarrolladores mantengan un nivel bajo de neurotismo y es recomendable que se brinde una retroalimentación oportuna y continua sobre el trabajo que ellos realizan, a fin de mejorar la calidad con que se entregan los productos de software.

Como trabajo futuro se propone ampliar la muestra de desarrolladores para detectar rasgos de personalidad que no fueron identificados en este estudio, como la extroversión, y medir su apego al proceso PSP, desarrollando una aplicación de software que automatice el proceso. Asimismo, se desea dirigir un estudio para valorar qué tipos de personalidades es deseable se reúnan en un mismo equipo de trabajo para generar mejores resultados en proyectos de software mediante la aplicación de PSP y *Team Software Process* (TSP). Finalmente trabajar en un modelo predictivo, que contemple cada uno de los cinco rasgos inherentes de la personalidad de un individuo, de acuerdo al modelo FFM, para proyectar la productividad y apego a PSP.

## Referencias

1. **Acuña, S.T., Juristo, N., & Moreno, A. (2006).** Emphasizing Human Capabilities in Software Development. *IEEE software*, pp. 94–101, doi: 10.1109/MS.2006.47.
2. **Baddoo, N. (2006).** Software Developer Motivation in a High Maturity Company: a Case Study. *Software Process Improvement and Practice*, pp. 219–228, doi: 10.1002/spip.265.
3. **Briggs Myers, I. & McCaulley, M.H. (1985).** *Manual, A Guide to the Development and Use of the Myers-Briggs*. s.l.: Consulting Psychologists Press, California.
4. **Capretz, L.F. & Ahmed, F. (2010).** Making Sense of Software Development and Personality Types. *Electrical and Computer Engineering Publications, Paper 2*, pp. 6–13, doi: 10.1109/MITP.2010.33.
5. **Casado-Lumbreras, C. (2011).** Culture dimensions in software development industry: The effects of mentoring. *Scientific Research and Essays*, Vol. 6, No. 11, pp. 2403–2412.

6. **Chittaranjan, G., Blom, J., & Gatica-Perez, D. (2011).** Who's Who with Big-Five: Analyzing and Classifying Personality Traits with Smartphones. *15th Annual International Symposium on Wearable Computers (ISWC)*, doi: 10.1109/ISWC.2011.29.
7. **Colomo-Palacios, R. (2012).** Competence gaps in software personnel: A multi-organizational study. *Computers in Human Behavior*, doi: 10.1016/j.chb.2012.04.021.
8. **De Oliveira, R., Cherubini, M., & Oliver, N. (2013).** Influence of Personality on Satisfaction with Mobile Phone Services. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, pp. 10–23, doi: 10.1145/2463579.2463581.
9. **DeMarco, T. (1999).** *Peopleware: Productive Projects and Teams*. Dorset House Publishing Co.
10. **Da Silva, Fabio Q.B. (2012).** Towards understanding the underlying structure of motivational factors for software engineers to guide the definition of motivational programs. *Journal of Systems and Software*, pp. 216–226. doi: 10.1016/j.jss.2010.12.017.
11. **Georgieva, K. (2011).** *Validation of the model for prediction of the human performance*. s.l., s.n., pp. 245–250, doi: 10.1109/IWSM-MENSURA.2011.11.
12. **Goldberg, L. (1999).** A broad-bandwidth, public-domain, personality inventory measuring the lower-level facets of several Five-Factor. *Personality Psychology in Europe*, pp. 7–28.
13. **Gutierrez, H. & De la Vara, R. (2012).** *Análisis y diseño de experimentos*. Mc Graw Hill.
14. **Host, M., Regnell, B., & Wholin, C. (2000).** Using Students as Subjects—A Comparative Study. *Empirical Software Engineering*, Kluwer Academic Publishers, pp. 201–214.
15. **Humphrey, W.S. (2001).** *Introducción al Proceso Software Personal*. Addison Weasley.
16. **Kanij, T., Merkel, R., & Grundy, J. (2013).** An Empirical Study of the Effects of Personality on Software Testing. *IEEE 26th Conference on Software Engineering Education and Training (CSEE&T)*, pp. 239–248, doi: 10.1109/CSEET.2013.6595255.
17. **Kearney (2009).** *Estrategia para el fortalecimiento del capital humano del sector, con base en las competencias de las personas*. Informe: Sector Tecnologías de Información – Desarrollo de Software.
18. **Martínez, L.G., Rodríguez-Díaz, A., Licea, G. & Castro, J.R. (2010).** Big Five Patterns for Software Engineering Roles Using an ANFIS Learning Approach with RAMSET. *MICAI*, doi: 10.1007/978-3-642-16773-7\_37.
19. **McLeod, L. (2011).** Factors that Affect Software Systems Development Project. *ACM Computing Surveys*, pp. 24–56. doi: 10.1145/1978802.1978803.
20. **Medinilla, Á. (2013).** *Agile Management: Leadership in an Agile Environment*. Springer, doi: 10.1007/978-3-642-28909-5.
21. **Misra, S. (2013).** A discussion on the role of people in global software development. *Technical Gazette*, pp. 525–531.
22. **Mohamed, S.F.P. (2011).** *Agile software development practices that influence software quality: a review*. Bandung, s.n., pp. 147–153.
23. **Mohammad, A.T. (2012).** Cultural factors: The Key Factors in software Development. *European Journal of Business and Management*, pp. 113–123.
24. **Pirzadeh, L. (2010).** *Human Factors in Software Development: A Systematic Literature Review*. s.l.: s.n.
25. **Rehman, M. (2012).** Mapping Job Requirements of Software Engineers to Big Five Personality Traits. *IEEE*, doi: 10.1109/ICCISci.2012.6297193.
26. **Sampieri, R. (1997).** *Metodología de la investigación*. McGraw Hill.
27. **Shih-Wei, C. & Mong-Young, H. (2011).** The factors that affect the performance of open source software development the perspective of social capital and expertise integration. *Info Systems J.*, pp. 195–219, doi: 10.1111/j.1365-2575.2009.00347.x
28. **Sodiya, A. (2007).** An Improved Assessment of Personality Traits in Software Engineering. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, pp. 164–177.
29. **Wagner, S. (2008).** *A Systematic Review of Productivity Factors in Software Development*. Technische Universität München.
30. **Yilmaz, M.Y. & O'Connor, R.V. (2012).** Towards the Understanding and Classification of the Software Development Practitioners: Situational Context Cards Approach. *38th EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA)*, pp. 400–405, doi: 10.1109/SEAA.2012.62.

**Perla I. Jarillo-Nieto** received the M.Sc. in Software Engineering from the Polytechnic University of Tulancingo (Mexico) in 2014. She works as a Professor of Software Engineering Methods and Software Projects Management at the Higher Technological Institute of the West of

Hidalgo State. She also works as a Professor of Object Oriented Programming at the Polytechnic University of Tulancingo. Her current research interests are software process improvement and methodologies.

**Carlos Enríquez Ramírez** received the M.Sc. in Computer Science from the Autonomous University of Hidalgo State, Pachuca, Hidalgo, Mexico, in 2005, and the Ph.D. in Software Engineering from the Popular Autonomous University of Puebla, Puebla, Mexico, in 2013. Currently, he works as a Research Professor at the Polytechnic University of Tulancingo, Hidalgo,

Mexico. His current research interests are software process improvement and agile methodologies.

**Roberto A. Sánchez-Herrera** received the M.Sc. in Computer Science from the Monterrey Institute of Technology and Higher Education, Pachuca, Hidalgo, Mexico, in 2010. He works as a Research Professor at the Polytechnic University of Tulancingo, Hidalgo, Mexico. His current research interests are educational technology and software process improvement.

*Article received on 27/02/2015; accepted on 21/09/2015.  
Corresponding author is Perla I. Jarillo-Nieto.*