

# EVOLUCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD FÍSICA DE LOS PROYECTOS DE SOFTWARE DEL BANCO DE DATOS ISBSG

Marta Fernández-Diego

José-de-Paula Maciel

Sanae Elmouaden

José María Torralba-Martínez

*Universidad Politécnica de Valencia*

## Abstract

The evolution of the physical productivity of work in software projects has been studied using the ISBSG (International Software Benchmarking Standards Group) dataset Release 11. The results obtained using linear regression suggest a decrease in the physical productivity of work. As there has been some debate between researchers about productivity evolution, the research methodology points out the importance of replicating previous results. Thus, special care was taken to register all the process followed in this study in order to facilitate replication.

**Keywords:** *software projects; ISBSG dataset; physical productivity; project size in function points; effort in person-hours*

## Resumen

Se estudia la evolución de la productividad física del factor trabajo en los proyectos de software, en el banco de datos ISBSG (International Software Benchmarking Standards Group), versión 11. Los resultados obtenidos mediante regresión lineal, apuntan a un decrecimiento de la productividad física del factor trabajo. Como se indica en la metodología de investigación, es importante realizar repeticiones de las investigaciones, ya que no hay consenso científico sobre los resultados. Por ello, se ha puesto especial cuidado en registrar todo el proceso seguido en este estudio, con la finalidad de que pueda ser replicado.

**Palabras clave:** *proyectos de software; banco de datos ISBSG; productividad física; tamaño en puntos de función; esfuerzo en horas / persona*

## 1. Introducción

En un artículo de 12 de enero de 2004 de Business Week se declara que en los cinco años de 1998 a 2003, la productividad del sector del software ha decrecido el 0,9% al año en EE.UU., apareciendo como el último sector económico en cuanto a la tasa de crecimiento.

En base a dicha información (Groth, 2004) describe una reunión de representantes de empresas proveedoras del sector para debatir sobre el dato, que en varios casos no comparten, y se aportan diversas ideas para interpretar esos datos, entre ellas las siguientes:

- El dato del decrecimiento se mide mediante el valor añadido por trabajador ajustado por las variaciones de precio, mientras que se cuestiona que no sea en unidades de output. La definición de productividad que se utiliza para el sector no se considera adecuada;
- Se señala la creciente complejidad de las aplicaciones de software;
- Se recomienda la utilización de procesos software más formalizados.

La preocupación por el tema llevó a la creación de un consorcio, formado por grandes empresas del sector, para el estudio de la productividad del sector de la información. En la sesión inaugural se indica: “La economía tiene que encontrar una mejor manera de reflejar los nuevos modelos de la era de la información” (publicado en Computerworld, March 01, 2004).

La investigación viene midiendo la productividad del desarrollo de software desde diferentes perspectivas, lo que se hace necesario, ya que Asmild y Paradi (2007) indican:

... mientras la productividad en la manufactura es un concepto bien definido y fácil de entender, no es el caso cuando se refiere a complejos sectores de servicios... Esto supone desafíos para los analistas que intentan estimar la productividad y para los directivos en su objetivo de identificar e implementar estrategias para mejora.

### 1.1 Objeto

Se estudia la evolución de la productividad física del factor trabajo en los proyectos de software, en el banco de datos ISBSG (International Software Benchmarking Standards Group), versión 11<sup>1</sup>.

### 1.2 Justificación

En (Jiang, Naudé & Comstock, 2007) se indica que hay escasez de bancos de datos (repositorios) de proyectos. Refieren a Maxwell y Forselius (2000), e indican que de 18 conjuntos de datos, de los que se ha analizado la productividad, 8 tienen menos de 50 proyectos. Y otros tienen uso limitado por obsolescencia y ambigüedad de documentación. Y realizan su investigación sobre la Versión 10 de ISBSG.

La aparición de la Versión 11 brinda la exigencia de que se siga con las investigaciones con el referido repositorio.

### 1.3 Sobre la hipótesis

Jiang, Naudé y Comstock (2007) plantean que se dan dos enfoques en investigación sobre productividad de proyectos de software: 1) estimarla; y 2) mejorarla, aumentarla. En nuestro trabajo, el objetivo se alinea con el primer enfoque: estimar la productividad.

En (Hernández, Fernández y Baptista, 2007; Gutiérrez y Rodríguez, 1999), encontramos otra clasificación de la investigación científica en general, y se refieren a cuatro tipos: a) descriptiva, b) exploratoria, c) correlacional y d) causal. Y, como vemos a continuación, en el ámbito de la productividad de los proyectos de software se cultivan los cuatro tipos.

En (Buglione, 2008) se plantea que la medida de la productividad presenta limitaciones, por lo que puede calificarse su investigación de descriptiva. Se puede decir que es el enfoque más consolidado, y es el que se presenta también en este trabajo.

En (Maxwell & Forselius, 2000; Kitchenham y Mendes, 2004; Premraj et al., 2005; Comstock, Jiang y Naudé, 2007; Villanueva, 2005; Trendowicz et al., 2008; Lockan &

---

<sup>1</sup> Se trabaja con la versión del banco que se facilita a las Universidades.

Mendes, 2009), se realizan investigaciones de los otros tipos. Pero no se obtiene un consenso sobre la evolución de la productividad.

Por lo indicado, en este trabajo nos atenemos a las recomendaciones de los demás investigadores, de realizar replicaciones de los estudios previos, sin aportar nuevas variables dependientes, ni nuevas metodologías de tratamiento estadístico de datos, sin que por ello deje de ser un tipo de investigación del que hay acuerdo sobre su necesidad. Aunque la diferencia con investigaciones precedentes es que nos limitamos a estudiar los proyectos cuya calidad de los datos de medida funcional es máxima y todo ello con un enfoque exploratorio.

## 2. Trabajos relacionados

### 2.1 Precisiones sobre el concepto de productividad

#### 2.1.1 Medida univariante de la productividad

Como indica Álvarez (2001):

Cuando se habla de productividad, normalmente se hace referencia al concepto de productividad media de un factor, es decir, al número de unidades de output producidas por cada unidad empleada del factor. Sin embargo, la utilización de la productividad media de un factor, normalmente el trabajo..., para comparar la eficiencia relativa de varias empresas sólo tendría validez en situaciones con una tecnología de coeficientes fijos (tipo Leontief), ya que, de otra forma, no se está teniendo en cuenta las posibilidades de sustitución entre inputs.

En esta comunicación, se estudia la productividad unifactorial, en concreto del factor trabajo, midiendo el output por el tamaño del proyecto, expresado en puntos de función sin ajustar, por lo que se trata de una medida en unidades no monetarias, razón por la que se expresa como productividad física.

#### 2.1.2 Medida de la productividad considerando varios factores

Según Álvarez (2001):

Este inconveniente de las medidas univariantes de productividad se ha intentado superar a través del concepto de Productividad Total de los Factores (PTF), el cual se puede definir como un cociente entre una suma ponderada de outputs ( $y$ ) y una suma ponderada de inputs ( $x$ ):

$$PTF = \frac{\sum a_i * y_i}{\sum b_j * x_j} \quad (1)$$

donde  $a_i$  y  $b_j$  son respectivamente las ponderaciones de outputs e inputs.

Si se considera el caso en el que se produce un único output y las ponderaciones de los inputs son los precios de los factores ( $w_i$ ), el índice se convierte en:

$$PTF = \frac{y}{\sum w_i * x_i} = \frac{y}{CT} = \frac{1}{CMe} \quad (2)$$

siendo CT el Coste Total y CMe el Coste Medio.

Es decir, en este caso, el índice de PTF es simplemente la inversa del coste medio, por lo que PTF y eficiencia económica son conceptos equivalentes. Pueden definirse distintos índices de PTF dependiendo de las ponderaciones utilizadas.

Como ya se ha dicho, en esta comunicación se estudia la productividad física del factor trabajo, y no la Productividad Total de los Factores, entre otros motivos por la no disponibilidad de datos para ello.

### **2.1.3 Productividad, eficiencia y competitividad**

Existen distintos conceptos que son a veces utilizados como equivalentes, por lo que interesa distinguirlos. Siguiendo a Álvarez (2001):

... los términos eficiencia, productividad y competitividad son usados en el sentido de que es bueno para las empresas una mejora en cualquiera de ellos, lo que hace que a veces se usen de forma indistinta. Sin embargo, eso es un error, ya que no sólo los conceptos hacen referencia a aspectos diferentes de la producción, sino que no es cierto que siempre sea bueno un aumento de los mismos. ... no siempre una mejora en la eficiencia lleva asociada una mejora en la productividad... y viceversa...

Con respecto a la competitividad, puede considerarse que este concepto engloba el de eficiencia y el de productividad. La productividad es el concepto menos amplio de los tres, ya que se refiere exclusivamente a la parte productiva, mientras que el de eficiencia incorpora la dimensión maximizadora del beneficio.

Por lo indicado, al estudiar en esta comunicación la productividad física del factor trabajo, no se pueden sacar conclusiones sobre la eficiencia ni sobre la competitividad del desarrollo de software.

## **2.2 Trabajos empíricos relacionados**

En (Maxwell & Forselius, 2000) se realiza un estudio pionero sobre la productividad sobre el banco de datos de Finlandia, con datos hasta 1994.

En (Wagner & Ruhe, 2008), se realiza un estudio muy detallado de factores que influyen en la productividad del desarrollo de software.

En (Jiang et al., 2007) se realiza un estudio del periodo 1995-2005, sobre la versión 10 de ISBSG, determinando como factores que influyen: tamaño medio del equipo de proyecto; y el uso desequilibrado de lenguajes 3GL menos productivos. Y análogamente en un estudio de más detalle realizado por los autores Comstock, Jiang y Naudé (2007).

En (Pendharkar & Rogers, 2007) se realiza un estudio sobre el impacto del tamaño del equipo de desarrollo en el esfuerzo de desarrollo, que es una variable que se recoge en el banco de datos de ISBSG.

En (Premraj et al., 2005) se realiza un estudio de la productividad, basado en el banco de datos de Finlandia, que tomamos como una referencia principal en esta comunicación.

## **3. Metodología**

Para la selección de los proyectos del banco de datos en los que basar el estudio se ha seguido principalmente a Lokan y Mendes (2009) y Premraj et al. (2005).

### **1. Calidad de los datos**

El primer criterio impuesto es un criterio de calidad de los datos. En el banco de datos aparecen dos variables relativas a la calidad de los datos:

- La calidad de los datos en general del proyecto, que está categorizada en cuatro niveles decrecientes de calidad (A, B, C y D). Generalmente los artículos revisados que tienen por objeto este banco de datos dan por aceptables tanto los proyectos de calidad A como calidad B, desechando los proyectos de calidad C y D. Está codificada como V2;
- La calidad de los datos de medición del tamaño funcional del proyecto. La categorización de esta variable es la misma que lo planteado para la calidad en general. Sin embargo esta variable hace referencia únicamente a la calidad de la medición del tamaño funcional del proyecto. Está codificada como V3.

En un afán de buscar una mayor calidad de los datos, nos habíamos planteado excluir los proyectos de calidad general B. Esta restricción ( $V2="A"$ ) sobre el conjunto de datos nos reducía de partida la muestra a 928 proyectos. Por ello, lo que planteamos es partir de una calidad alta de los datos ( $V2="A" \mid V2="B"$ ), como sucede en la generalidad de los artículos revisados, en cuyo caso disponemos de 4.744 proyectos y, adicionalmente, se obliga a la máxima calidad de los datos relacionados con el tamaño funcional, que es en definitiva la variable principal bajo estudio en este trabajo. Imponiendo esta condición ( $V3="A"$ ) sobre la condición anterior ( $V2="A" \mid "B"$ ), podemos trabajar entonces con 2.202 proyectos, frente a los 928 previamente enunciados.

## 2. Proyectos fechados

El objetivo final del trabajo es estudiar la evolución temporal de la productividad en función del tiempo. Para ello, es necesario que de cada uno de los proyectos tengamos indicación de una fecha. Para proyectos software es muy significativa la fecha de instalación del proyecto. De hecho, como año del proyecto en el banco de datos se reporta esta fecha en primer lugar. De no encontrarse, aparecería como año del proyecto cualquier otra fecha, como puede ser la fecha de fin, comienzo, la fecha estimada de instalación, la fecha de compilación, y en última instancia la fecha de recepción de los datos por parte de ISBSG. Por lo tanto el criterio exige que esta variable sea conocida.

## 3. Coherencia en la comparación de la medida funcional

Antes de proseguir, es interesante detenerse un momento en lo siguiente. Al trabajar fundamentalmente con la variable que representa el tamaño funcional (codificada como V6), parece lógico imponer la condición de que no esté vacía. Pero teniendo en cuenta que se parte de una calidad máxima de los datos relacionados precisamente con la variable tamaño – esto es, la variable  $V3="A"$  –, resulta que la condición de que los puntos de función sean conocidos no afecta el resultado de selección.

Estamos trabajando con puntos de función y no con cualquier otro tipo de medida del tamaño, por lo que es necesario que el método de medida sea el mismo para poder hacer comparaciones. Como método de medida del tamaño en puntos de función se ha elegido IFPUG (International Function Point Users Group) por ser el más representativo. Por otro lado, dentro de IFPUG existen varias versiones. Parece que a partir de la versión 4 (1994) y posteriores es posible realizar una comparación de los tamaños medidos según las distintas versiones. Nótese que todos los proyectos cuya versión IFPUG no viene especificada – que son un total de 24 – son posteriores a 1998, luego quedan todos incluidos.

## 4. Esfuerzo

En cuanto al esfuerzo se trabaja con la variable V9 que representa el esfuerzo de trabajo normalizado para el equipo de desarrollo. El criterio que se impone es que dicha variable no esté vacía y que corresponda con la variable V11, que representa el esfuerzo de trabajo total. En definitiva, si ambas variables coinciden es que el proyecto en cuestión cubre el ciclo

de vida completo de desarrollo. Adicionalmente, se han excluido los proyectos de desarrollo Web, al considerar que el esfuerzo, fijado un tamaño en puntos de función, no es comparable con otro tipo de proyectos.

A continuación se presenta la tabla 1 que resume los criterios de selección empleados utilizando el lenguaje de SPSS versión 17. El significado de las columnas finales es el siguiente: NP 1: N° de proyectos que cumplen la condición de la fila y las anteriores; NP 2: N° de proyectos que excluye la condición de la fila; NP 3: N° de proyectos que excluye la condición de la fila y las anteriores.

**Tabla 1: Criterios de selección de proyectos**

Criterio	Filtro	NP 1	NP 2	NP 3
Alta calidad de los datos en general	V2="A"   V2="B"	4744	308	308
Calidad máxima de los datos del tamaño funcional	V3="A"	2202	2542	2850
Fecha de instalación del proyecto conocida	V19~=""	1937	265	3115
Versión IFPUG 4.0 o posterior	CHAR.INDEX(V66,'IFPUG 4')~=0   (V66="IFPUG" & V4>"1994")	960	977	4092
Esfuerzo del equipo de desarrollo conocido	V9~=""	833	127	4219
Esfuerzo para el ciclo de vida completo	V11=V9	554	279	4498
Proyectos Web excluidos	CHAR.LENGTH(V50)=0	521	33	4531

Finalmente contamos con un total de 521 proyectos para el siguiente análisis de los 5052 proyectos con que cuenta la versión 11 del repositorio.

Todo el tratamiento estadístico de los datos se ha realizado utilizando SPSS versión 17.

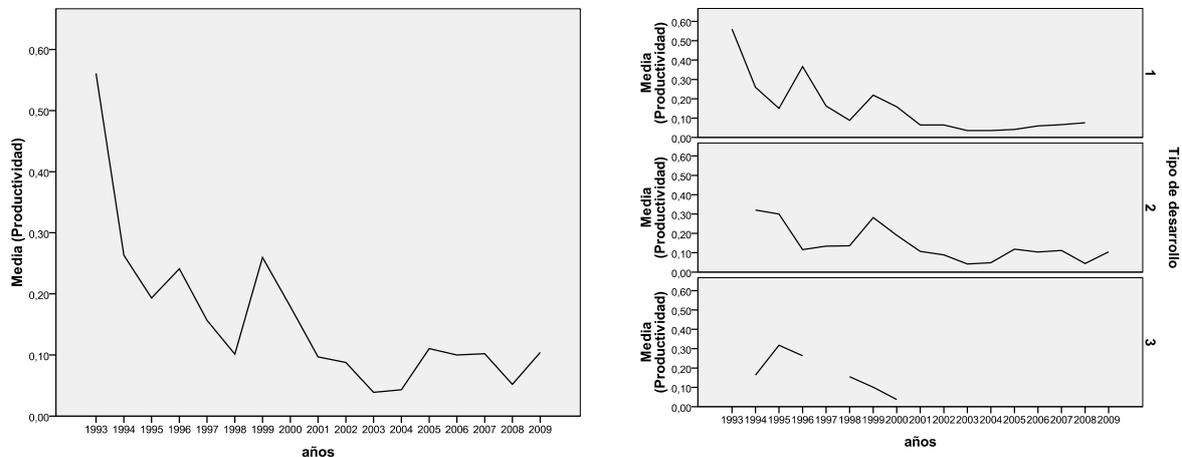
## 4. Resultados

### 4.1 Evolución temporal del cociente entre tamaño y esfuerzo

El propio ISBSG recomienda utilizar el esfuerzo normalizado para el equipo de desarrollo (codificado como V9) y como medida del tamaño los puntos de función sin ajustar (codificado como V6). El cociente entre V9 y V6, que es la variable V12, representa un ratio de entrega normalizado para el equipo de desarrollo. Nosotros transformamos esta variable en su inversa, es decir buscando el ratio de productividad.

A continuación en la figura 1.a se representa la evolución temporal del cociente entre tamaño y esfuerzo en función del año de implementación de los proyectos. Este cociente nos proporciona una primera aproximación de la evolución de la productividad. Como puede observarse, podemos apreciar una clara tendencia a la baja hasta el año 2002 y a partir de ahí parece como si la productividad, aunque con ligeros altibajos, se estabilizara.

Figura 1: Evolución temporal del cociente entre tamaño y esfuerzo



a) Para todos los proyectos contemplados en la franja temporal 1993-2009

b) En función del tipo de desarrollo: 1) Nuevo desarrollo; 2) Mantenimiento; 3) Re-desarrollo

Nótese que el horizonte temporal contemplado comprende 17 años, de 1993 a 2009. Sin embargo la distribución de proyectos por año en esta franja no es uniforme, como puede observarse en la tabla 2.

Así, ciertos comportamientos pueden explicarse realizando simplemente un análisis de frecuencia de los proyectos por año. Por ejemplo, cabe destacar que en los años 1993, 1996, 2003, 2004 y 2009, las muestras por año cuentan con menos de 10 proyectos. El caso más extremo es el año 2009 para el que se cuenta con un único proyecto, lo cual no sería en absoluto significativo para determinados análisis (Pulido & Pérez, 2001; Maxwell, 2002).

Tabla 2: Distribución de proyectos por año y por tipo de desarrollo

Año	Tipo de desarrollo			Total	%	% acumulado
	Nuevo desarrollo	Mantenimiento	Redesarrollo			
1993	4	0	0	4	,8	,8
1994	29	9	4	42	8,1	8,8
1995	26	8	2	36	6,9	15,7
1996	3	3	0	6	1,2	16,9
1997	14	4	0	18	3,5	20,3
1998	11	4	0	15	2,9	23,2
1999	19	42	1	62	11,9	35,1

2000	21	52	1	74	14,2	49,3
2001	6	19	0	25	4,8	54,1
2002	4	137	0	141	27,1	81,2
2003	2	2	0	4	,8	82,0
2004	3	4	0	7	1,3	83,3
2005	2	18	0	20	3,8	87,1
2006	2	20	0	22	4,2	91,4
2007	7	25	0	32	6,1	97,5
2008	3	9	0	12	2,3	99,8
2009	0	1	0	1	,2	100,0
<b>Total</b>	<b>156</b>	<b>357</b>	<b>8</b>	<b>521</b>	<b>100,0</b>	

Además, la tabla 2 muestra el número de proyectos por año según el tipo de desarrollo. Podemos observar cómo al principio predominaban los proyectos de nuevo desarrollo y a partir del año 1999 empiezan a predominar los de mantenimiento.

La posible influencia de este factor, es decir el tipo de desarrollo, en la evolución de la productividad puede apreciarse en la figura 1.b. Una vez descartamos los 8 proyectos de re-desarrollo contemplados en todo el horizonte temporal, y comparando la figura 1.a y 1.b, podemos apreciar a la vista lo siguiente:

- En los primeros años, parece que la tendencia de la productividad la da los proyectos de nuevo desarrollo;
- Más adelante, a partir del año 2002, son los proyectos de mantenimiento los que parecen dar la tendencia a la curva de productividad.

Esta observación puede cobrar sentido si pensamos que en los últimos años disponemos de más proyectos de mantenimiento que de nuevo desarrollo.

#### 4.2 Modelo de regresión sobre la evolución temporal de la productividad

A continuación se presenta un modelo de regresión del esfuerzo en función del tamaño. Para intentar apreciar la evolución de la productividad a lo largo del tiempo, se ha seguido la propuesta de Premraj et al. (2005). La idea es crear tantas variables ficticias como años tenemos en nuestro horizonte temporal. Cada una de estas variables representa el tamaño de los proyectos implementados en el mismo año y cero en caso contrario.

Además, para tener en cuenta el efecto del tipo de desarrollo, como en el apartado anterior, se ha introducido otra variable ficticia a tal efecto.

En definitiva, la ecuación del modelo de regresión queda como a continuación se muestra:

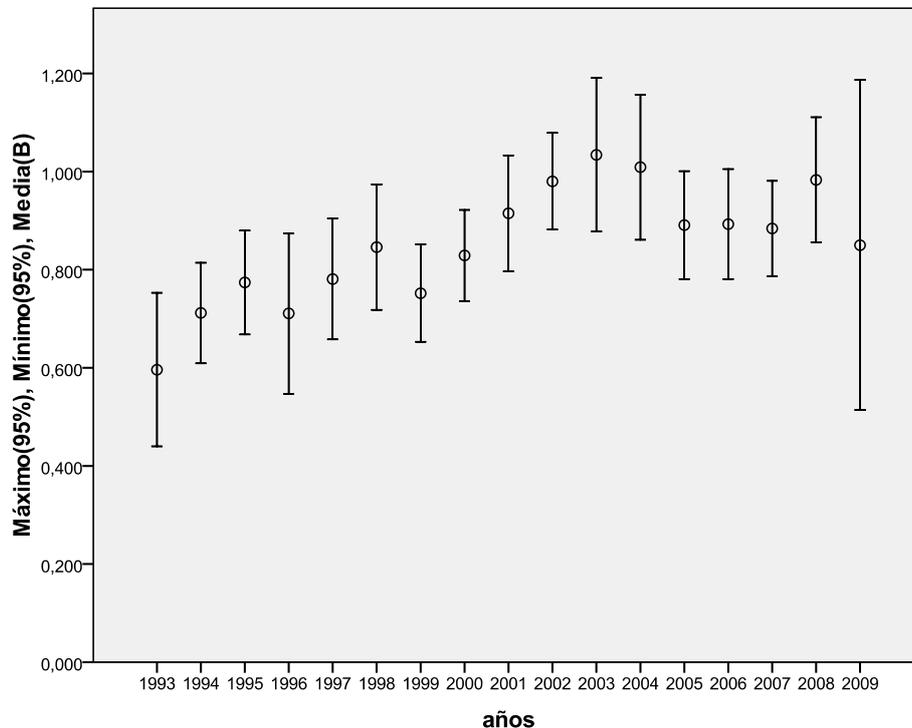
$$\ln(\text{Esfuerzo}) = C + B_{93} \ln(\text{Tamaño}_{93}) + B_{94} \ln(\text{Tamaño}_{94}) + \dots + B_{09} \ln(\text{Tamaño}_{09}) + B_{\text{Nuevo\_desarrollo}} \text{Nuevo\_desarrollo} \quad (3)$$

siendo C y los B los coeficientes de la regresión.

El coeficiente de determinación nos indica que el 51,8% de la variabilidad en el esfuerzo se explica por las variables planteadas en el modelo.

La figura 2 representa la evolución de los coeficientes no estandarizados en función del tiempo, mostrando además su intervalo de confianza de 95%.

Figura 2: Evolución temporal de los coeficientes de regresión (B) por años en el modelo



El coeficiente B representa la inversa de la productividad, por lo que la figura muestra resultados coherentes con la evolución expresada en el apartado anterior, es decir una bajada de la productividad que se estabiliza a partir del año 2002.

Finalmente, examinando el coeficiente de la variable ficticia del modelo para el tipo de desarrollo obtenemos  $B_{Nuevo\_desarrollo} = 0.339$  con  $sig. = 0.002$  y un intervalo de confianza de 95% entre 0,120 y 0,558. La interpretación es que un resultado positivo como el encontrado implica mayor esfuerzo para proyectos de nuevo desarrollo que para proyectos de mantenimiento.

### 4.3 Validación del modelo

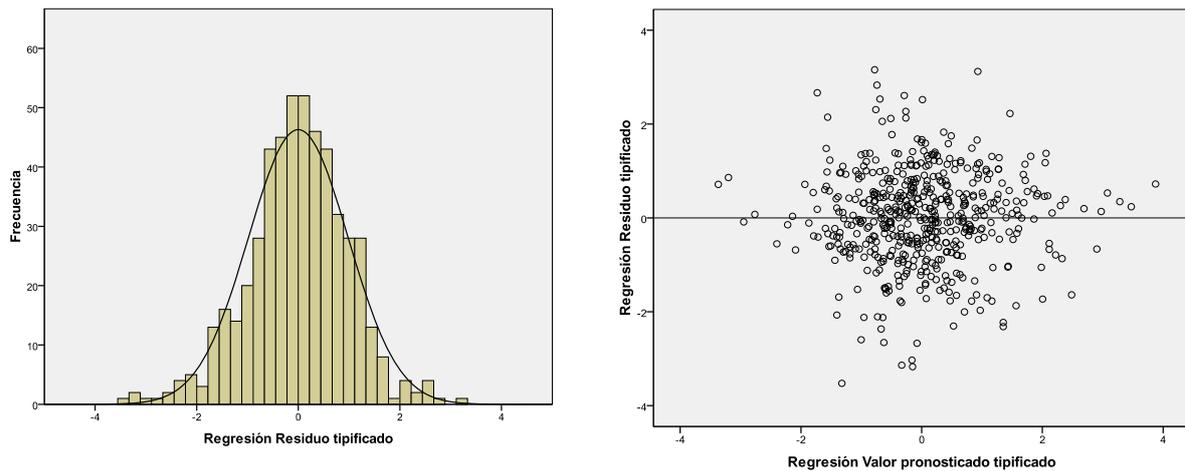
En los modelos lineales (Romero & Zúñica, 2010; Peña, 2008), se asume que los residuos presentan una distribución normal. En efecto la figura 3.a muestra un patrón de los residuos conforme a una distribución normal.

Además, debe cumplirse la hipótesis de linealidad y de varianza constante de los residuos, es decir la condición de homocedasticidad. Como puede observarse al representar los residuos tipificados frente a los valores pronosticados tipificados en la figura 3.b, la nube de puntos no presenta una tendencia o patrón de comportamiento, por lo tanto ambas hipótesis quedan verificadas.

Con el estadístico de Durbin-Watson estudiaremos la autocorrelación de los residuos. En nuestro caso vale 1,893, por lo que asumiremos que los residuos están relativamente incorrelados.

Finalmente, el estudio de estadísticos de colinealidad proporciona valores de Tolerancia y de Factor de Inflación de la Varianza (FIV) parecidos, lo que implica la no existencia de colinealidad. Además, en condiciones de no-colinealidad, los índices de condición no deben superar el valor 15, y en nuestro caso el mayor es de 13,177.

**Figura 3: Distribución de los residuos**



**a) Distribución normal**

**b) Linealidad y homocedasticidad**

## 5. Discusión de resultados

Jiang, Naudé y Comstock (2007) obtienen como resultados que se producen variaciones irregulares, de disminución y aumento, en la productividad entre 1995-2005, y no encuentran señal de su mejora continua. Esta situación no es incompatible con la que se obtiene en nuestro trabajo, aunque el horizonte estudiado es 1993-2009.

Premraj et al. (2005) sí que encuentran una mejora de la productividad, aunque se basan en otro banco de datos, y para el periodo 1978-1997.

Como ya se ha indicado en el apartado 1.2, las recomendaciones que hacen los investigadores sobre la necesidad de seguir replicando estudios de este tipo, tras los resultados de nuestro trabajo, se mantiene.

## 6. Conclusiones

Como se indica en las investigaciones de referencia, es importante realizar replicaciones de las mismas, ya que no hay consenso científico sobre los resultados. Por ello, se ha puesto especial cuidado en registrar todo el proceso seguido en este estudio, con la finalidad de que pueda ser replicado.

Los resultados obtenidos suponen una modesta aportación a la cuestión que se debate, sobre la que seguimos trabajando, incorporando nuevas variables y metodologías que permitan mejorar este trabajo.

Los autores agradecen a los revisores las oportunas recomendaciones que realizaron sobre la propuesta de comunicación.

## 7. Referencias

- Alba, C. (2008). *Predicción y clasificación del nivel de riesgo en proyectos de sistemas de información*. Unpublished doctoral dissertation. España: Universidad de Oviedo.
- Álvarez, P. A. (2001). Concepto y medición de la eficiencia productiva. En Álvarez, P. A. *La medición de la eficiencia y la productividad (capítulo 1)*. Madrid: Pirámide.
- Asmild, M., & Paradi, J. C. (2007). Introduction to a Special Issue on Productivity Measurement in Complex Services Industries. *Journal of Productivity Analysis*. Springer (27:85-86).
- Buglione, L. (2008). Some thoughts on Productivity in ICT projects. Version 1.2. WP2008-02. White Paper, July 25 2008.
- Comstock, C., Jiang, Z., & Naudé, P. (2007). Strategic Software Development: Productivity Comparisons of General Development Programs. *International Journal of Computer and Information Science and Engineering*.
- Groth, R. (2004). Is the Software Industry's Productivity Declining? *IEEE Software*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2007). *Fundamentos de metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Gutiérrez, J., & Rodríguez, A. I. (1999). La investigación científica. En Sarabia, F. J. (Coord.): *Metodología para la investigación en marketing y dirección de empresas*. Madrid: Pirámide.
- International Software Benchmarking Standards Group (ISBSG). [www.isbsg.org](http://www.isbsg.org) (27-03-2010).
- Jiang, Z., Naudé, P., & Comstock, C. (2007). An Investigation on the Variation of Software Development Productivity. *International Journal of Computer and Information Science and Engineering* (v. 1 nº 2).
- Kitchenham, B., & Mendes, E. (2004). Software Productivity Measurement Using Multiple Size Measures. *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol. 30, No. 11, December.

- Lockan, C., & Mendes, E. (2009). Using Chronological Splitting to Compare Cross - and Single - Company Effort Models: Further Investigation. *ACSC Australasian Computer Science Conference*, 2009: 35-42.
- Maciel, J. P., Fernández-Diego, M., Vázquez-Barrachina, E., Neves-Silva, A., & Torralba-Martínez, J. M. (2009). Fuente de datos para investigación sobre Gestión de Proyectos Informáticos: Repositorio ISBSG - International Software Benchmarking Standards Group. En *I Congreso Iberoamericano SOCOTE*. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Maxwell, K. (2002). *Applied statistics for software managers*. Prentice-Hall.
- Maxwell, K. D., & Forselius, P. (2000). Benchmarking software development productivity. *IEEE Software* (17.1: 80-88).
- Pendharkar, P. C., & Rodger, J. A. (2007). An empirical study of the impact of team size on software development effort. *Inf Technol Manage* (8:253-262).
- Premraj, R., Shepperd, M., Kitchenham, B., & Forselius, P. (2005). An Empirical Analysis of Software Productivity over time. En *11th International Software Metrics Symposium, IEEE*. Como, Italy.
- Pulido, A., & Pérez, J. (2001). *Modelos Económicos*. Madrid: Pirámide.
- Romero, R., & Zúñiga, L. (2010). *Métodos Estadísticos en Ingeniería*. España: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Trendowicz, A., Ochs, M., Wickenkamp, A., Münch, J., Ishigai, Y., & Kawaguchi, T. (2008). Integrating Human Judgment and Data Analysis to Identify Factors Influencing Software Development Productivity. *e-Informatica Software Engineering Journal*, Volume 2, Issue 1.
- Villanueva, B. J. (2005). *Estimación de costes y plazos en proyectos de sistemas de información*. Unpublished doctoral dissertation. España: Universidad de Oviedo.
- Wagner, S., & Ruhe, M. (2008). A Systematic Review of Productivity Factors on Software Development. State Key Laboratory of Computer Science, Institute of Software. TU München.

**Correspondencia** (Para más información contacte con):

Marta Fernández-Diego  
Universidad Politécnica de Valencia  
Departamento de Organización de Empresas  
Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, Spain  
Phone: +34 96 387 76 85  
E-mail : marferdi@omp.upv.es