01-040

"SNAPSHOT" tool for the assessment of complexity in Project Management of Information Technology and Software

Rocío Poveda Bautista[1]; José Antonio Diego Mas[2]; Diego A. León Medina[3]

[1]INGENIO (CSIC-UPV), Universitat Politècnica de València; [2]I3B – Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería, Universitat Politècnica de València; [3]Universitat Politècnica de València;

The measurement of complexity in projects is an issue widely studied in the literature from different approaches that take into account the type of project, the industrial sector in which they are made and that highlight features and elements that identify a complex project. Numerous studies have been carried out that demonstrate the importance of measuring complexity without a common framework that combines all the factors that must be taken into account when measuring the complexity of projects.

In the present work the tools available to measure the complexity in projects are studied, describing the advantages and disadvantages of the different methods currently found. A tool is also proposed to improve the evaluation of Information Technology and Software projects, analyzing the factors that specifically influence the complexity of this type of projects. Through surveys conducted to Directors and members of the Information Technology and Software projects team, the proposal made to introduce this tool called Snapshot will be validated, allowing the assessment of the complexity of these projects based on the evaluation that is made to IPMA certification level B applicants.

Keywords: Complexity; Project Management Certification; Assessment; Information Technology; Software projects

Herramienta "SNAPSHOT" para la evaluación de la complejidad en Dirección de Proyectos de Tecnologías de la Información y Software

La medida de la complejidad en proyectos es una cuestión ampliamente estudiada en la literatura desde distintos enfoques que tienen en cuenta el tipo de proyecto, el sector industrial en el que se realizan y que destacan características y elementos que identifican un proyecto complejo. Se han realizado numerosos estudios que evidencian la importancia de medir la complejidad sin que haya un marco común que reúna todos los factores que deben ser tenidos en cuenta a la hora de medir la complejidad de los proyectos.

En el presente trabajo se estudian las herramientas disponibles para medir la complejidad en proyectos, describiendo las ventajas y desventajas de los diferentes métodos encontrados actualmente. También se propone una herramienta para mejorar la evaluación de proyectos de Tecnologías de la Información y Software, analizando los factores que influyen específicamente en la complejidad de este tipo de proyectos. A través de encuestas realizadas a Directores y miembros del equipo de proyectos de Tecnologías de la Información y Software, se validará la propuesta realizada para introducir esta herramienta llamada "Snapshot" que permite evaluar la complejidad de estos proyectos basada en la evaluación que se realiza a los aspirantes a la certificación IPMA nivel B.

Palabras clave: *Complejidad; Certificación en Dirección de Proyectos; Evaluación; Tecnologías de la Información; Proyectos de software*

Correspondencia: Rocío Poveda Bautista ropobau@upvnet.upv.es:

Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional. https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

1. Introducción

Aunque la teoría de la complejidad fue aplicada a la Dirección de Proyectos en los 90, fue lanzada como disciplina, de forma no oficial, en el 20th IPMA World Congress en Shanghai (Whitty y Maylor, 2009). Bosh-Rekveldt et al. (2009), argumentan que la complejidad en proyectos podría requerir el desarrollo de competencias específicas y que la complejidad inherente a cada tipo de proyecto también debe ser estudiada de forma concreta.

Se han realizado muchos estudios y definiciones sobre complejidad, sin embargo, la mayoría de estos estudios se centran solo en el marco conceptual de la complejidad en proyectos y pocos de estos estudios están orientados a los sistemas de medida de la complejidad. Estos estudios se han centrado en identificar los factores de complejidad y han construido un marco que describe cualitativamente la complejidad del proyecto. A pesar de que, también, estudios de varios autores han analizado la medida de la complejidad de forma cuantitativa (Sinha et al., 2011, Xia y Chan, 2012), a nuestro juicio, estos sistemas de evaluación de la complejidad deben basarse en estándares existentes en Dirección de proyectos para asegurar la implementación de competencias y prácticas reconocidas en la gestión de proyectos complejos. Si bien, los proyectos no complejos tienen estándares cuyas prácticas de gestión se ven respaldadas por diversos cuerpos de conocimiento (PMI, IPMA...), los proyectos complejos aún no cuentan con un "Body of Knowledge" para guiar su desarrollo. Sin embargo, algunos de estos estándares tratan de evaluar la complejidad de los proyectos para medir el desarrollo de competencias de los gerentes de proyectos en la gestión de proyectos complejos. Estos estándares recogen las distintas perspectivas sobre complejidad y engloban factores que contribuyen a la complejidad del proyecto considerando diferentes enfoques.

1.1 Enfoques de evaluación de la complejidad basados en estándares de Dirección de Proyectos.

Enfoque PMI: basado en la complejidad estructural y en aspectos de incertidumbre del proyecto.

Este enfoque está basado en las dos principales perspectivas sobre complejidad estructural propuesta por Baccarini (1996); complejidad organizativa y complejidad tecnológica, y la perspectiva propuesta por Turner y Cochrane (1993) que consideran la incertidumbre de objetivos y la incertidumbre de métodos utilizados para conseguir los objetivos del proyecto como factores importantes de la complejidad del proyecto. Williams (1999) complementó esta definición con otros aspectos de la complejidad: el número y la interdependencia de los elementos y la incertidumbre en los objetivos y medios. Otros autores como Shenhar (2001) y Tatikonda y Rosenthal (2000) que han orientado sus investigaciones hacia la complejidad estructural y la incertidumbre, pueden integrarse en el enfoque PMI.

El PMI publicó en 2013 "Navigating Complexity, a practice guide" como una propuesta que proporciona directrices a los directores de proyectos para desarrollar un control del estado actual de la evaluación del proyecto en términos de complejidad. Utiliza un cuestionario con preguntas a las que se responde afirmativa o negativamente y de las respuestas negativas a las preguntas se deduce el escenario de complejidad en el que se encuentra el proyecto.

Enfoque IPMA: basado en Crawford-Ishikura Factor Table for Evaluating Roles y centrado en medidas del desarrollo de competencias en la Dirección de Proyectos complejos del Project manager.

La primera herramienta de medición estándar de la complejidad en la dirección de proyectos fue desarrollada por Alliance for Project Performance Standards (GAPPS) cuyo enfoque caracteriza los proyectos basándose en su gestión de la complejidad. El marco desarrollado por GAPPS utilizaba una herramienta llamada Tabla de Evaluación de Roles Crawford-Ishikura (Crawford-Ishikura Factor Table for Evaluating Roles, o CIFTER). Esta herramienta se utiliza para diferenciar los roles del director de proyectos basándose en la complejidad de los proyectos gestionados.

El Organismo Certificador de la Dirección de Proyecto (OCDP) español es el órgano de AEIPRO (Asociación Española de Ingeniería de Proyectos) encargado de realizar las actividades de certificación del Programa Español de Certificación en Dirección de Proyectos. Se basa en el sistema mundial de certificación de 4 niveles 4LC de IPMA. De los 4 niveles de certificación: D, C, B y A, los niveles B (Director de Proyectos) y A (Director de Cartera o Programas de Proyecto) son los que requieren demostrar su capacidad de dirección de proyectos complejos.

Como modelo de evaluación de la complejidad de dirección de un proyecto, en el caso de la certificación del nivel B, el OCDP de AEIPRO ha elaborado una guía de aplicación para los criterios de evaluación, perteneciente al sistema de la calidad y procedimientos operativos del OCDP y del ICRG (IPMA Certification and Regulations Guidelines), que traspone y adapta el modelo CIFTER. El modelo propone diez factores para la evaluación de la complejidad:

1. Objetivos, Evaluación de Resultados, 2. Partes interesadas, Integración. 3. Contexto social y cultural. 4. Grado de innovación, condiciones generales. 5. Estructura del proyecto, necesidad de coordinación. 6. Organización del proyecto. 7. Liderazgo, trabajo en equipo, decisiones. 8. Recursos, incluidos los financieros. 9. Riesgos y oportunidades. 10. Métodos, herramientas y técnicas de gestión.

Dichos criterios se califican de acuerdo a cuatro niveles de complejidad: muy alta (4), alta (3), baja (2) y muy baja (1).

The Complex Project Manager Competency Standards.

El International Centre for Complex Project Management of Australian Government, desarrolló su propio estándar en 2012: the Complex Project Manager Competency Standards. Define una metodología para realizar la evaluación de la complejidad y la clasificación de los proyectos en base a su complejidad. Este enfoque no está exento de criticismo, ya que se trata de un estándar que, por un lado, no ha establecido satisfactoriamente ninguna medida para evaluar la complejidad y, por otro, se ha utilizado como requisito exigible a los project managers para establecer contratos y subcontratos con el gobierno australiano (Whitty y Maylor, 2009).

2. Complejidad en proyectos de Tecnologías de la Información

A medida que se ha ido avanzando en el estudio de la complejidad en proyectos, los distintos estándares existentes en Dirección de Proyectos han ido reconociendo la necesidad de un excepcional nivel de gestión en los proyectos complejos. Del mismo modo, se ha evidenciado la necesidad de un desarrollo de competencias específicas en la gestión de la complejidad de proyectos específicos. En este sentido, algunos autores han desarrollado métodos de medida de la complejidad para distintos tipos de proyectos, tales como: grandes proyectos de ingeniería (Bosh-Rekveldt et al., 2011), grandes proyectos de infraestructura (Lessard y Miller., 2013), proyectos de construcción (Lebcir y Choudrie, 2011) y proyectos de diseño (Shafiei-Monfared and Jenab, 2012). Sin embargo, no hay investigaciones que se centren en la conceptualización de la complejidad en proyectos de Tecnologías de la Información (TI) ni se han encontrado estudios que profundicen en la medida de la complejidad en proyectos de la industria de las TI.

Mientras que cualquier industria está expuesta al fracaso del proyecto, la industria de la Tecnología de la Información (TI) muestra ser más vulnerable al riesgo y al fracaso que otras industrias. Uno de los estudios más conocidos sobre proyectos de TI es el realizado por Standish Group, con muchos años de experiencia en la construcción del informe CHAOS, que consiste en una revisión anual muy completa de los proyectos de TI. Como se menciona en el informe del Standish Group CHAOS 2015 realizado sobre 50000 proyectos de TI, alrededor del 20% de los proyectos fallaron o se cancelaron.

Después de realizar una sistemática revisión de la literatura, a continuación, se expone una tabla que sintetiza los factores inherentes a la complejidad de los proyectos de TI, específicos de este tipo de proyectos y distintos de los factores de complejidad empleados por herramientas estándar para evaluar cualquier otro tipo de proyectos. Estos factores han sido extraídos de estudios realizados sobre características de proyectos fallidos, factores de abandono de Proyectos de TI, factores de riesgo y factores que afectan al desarrollo de estos proyectos:

Tabla 1 Factores de complejidad en proyectos de TI (estudio bibliográfico)

Grupo de factores	Factores	Referencias
Objetivos, requerimientos y expectativas	Claro establecimiento de los requerimientos	(Charette, 1989) (Sakthivel, 2007)(Schmidt, Lyytinen, Keil, & Cule, 2001)(Tafti, 2013a)(Standish Group, 2015)(Murray, 2000)(Lyytinen & Hirschheim, 1987)
	Expectativas realistas	(Standish Group, 2015)(Murray, 2000)(Lyytinen & Hirschheim, 1987)(Ewusi-Mensah, 2003) (Nakatsu & Iacovou, 2009) (Standish Group, 2015)
	Objetivos estratégicos claros	(Schmidt et al., 2001)(Tafti, 2013b)(Jarvenpaa & Ives, 1991) (Standish Group, 2015)
	Incertidumbre y cambios de requerimientos regulados	(Charette, 1989) (Sakthivel, 2007)(Schmidt et al., 2001)(Tafti, 2013b)(Standish Group, 2015) (Ewusi-Mensah, 2003)
Partes interesadas, integración	Implicación del usuario	(Sakthivel, 2007)(Schmidt et al., 2001)(Wallace, Keil, & Rai, 2004) (Murray, 2000) (Standish Group, 2015)(Nakatsu & Iacovou, 2009)
	Apoyo de la gerencia	(Ewusi-Mensah, 2003) (Jarvenpaa & Ives, 1991) (Schmidt et al., 2001)(Tafti, 2013b) (Standish Group, 2015)(Nakatsu & Iacovou, 2009)
	Patrocinador del Proyecto comprometido con el uso de metodologías en el proyecto	(Ewusi-Mensah, 2003) (Schmidt et al., 2001)(Tafti, 2013b)(Bahli & Rivard, 2003)(Taylor, 2006)
Liderazgo, trabajo en equipo, decisiones	Equipo motivado por el proyecto	(Brooks, 1987)(Sakthivel, 2007)(Schmidt et al., 2001)(Wallace et al., 2004)
	Personal cualificado	(Brooks, 1987)(Sakthivel, 2007)(Schmidt et al., 2001)(Wallace et al., 2004)(Standish Group, 2015)
	Equipos domésticos y off shore implicados	(Brooks, 1987)(Sakthivel, 2007)(Schmidt et al., 2001)(Wallace et al., 2004)
	Los equipos domésticos y off shore están familiarizados con los aspectos técnicos y de negocio del proyecto	(Brooks, 1987)(Sakthivel, 2007)(Schmidt et al., 2001)(Wallace et al., 2004) (Nakatsu & Iacovou, 2009)

Métodos, herramientas y técnicas de gestión	Metodología incremental o iterativa utilizada en el proyecto	(Whitney & Daniels, 2013)(Nakatsu & Iacovou, 2009)
Tecnología	Incompetencia en el uso o aplicación de la tecnología	(Standish Group, 2015) (Ewusi-Mensah, 2003)
	Nuevas tecnologías	(Standish Group, 2015)(Murray, 2000)(Earl, 1996)(Kemerer & Sosa, 1991a)(Schmidt et al., 2001)(Taylor, 2006)(Wallace et al., 2004)
	Soporte del equipo gestor de Tecnologías de la información	(Standish Group, 2015) (Nakatsu & Iacovou, 2009)
	Desconocimiento de la tecnología	(Standish Group, 2015) (Earl, 1996)(Kemerer & Sosa, 1991b)(Schmidt et al., 2001)(Taylor, 2006)(Wallace et al., 2004)
	Restricciones en la infraestructura o redes de telecomunicación	(Ewusi-Mensah, 2003)(Nakatsu & Iacovou, 2009)(Boehm, 1991)(Brown, 2007)(Kliem, 2004)

3. Propuesta de herramienta de evaluación de la complejidad en la Dirección de Proyectos de TI

3.1 Métodos

De los enfoques empleados por los distintos estándares reconocidos en Dirección de Proyectos, es el de IPMA el que más se aproxima a una herramienta que pueda emplearse como sistema de evaluación de la complejidad, ya que define factores y propone una escala de valoración para medir el grado en que estos factores afectan a la complejidad del proyecto. Para el propósito de nuestro estudio, se ha diseñado un marco para la evaluación de la complejidad de la gestión de proyectos de TI. Este marco tiene como base la evaluación de Complejidad de Dirección de Proyectos de IPMA nivel B, agregando algunos factores de complejidad con el objetivo de construir una plantilla de evaluación para estos proyectos. Los factores propuestos, a ser incluidos en la evaluación de la complejidad de los proyectos de TI, se extrajeron de la revisión bibliográfica realizada en la sección anterior y considerando que los factores de complejidad IPMA no se centran exclusivamente en el alcance de los proyectos de TI, sino que cubren una gama más amplia de proyectos.

Para proponer una plantilla de evaluación con el fin de construir una herramienta que pueda medir la complejidad de proyectos de TI teniendo en cuenta la complejidad inherente a este tipo de proyectos, en primer lugar, se propusieron algunos factores de complejidad específicos de proyectos de TI (que no están contemplados por el sistema de evaluación de la complejidad IPMA B) y, en segundo lugar, se validó la propuesta de factores por expertos. Esta herramienta se denominó *Snapshot Tool* ya que permite medir el nivel de complejidad de un proyecto en un momento dado, bajo un escenario de complejidad concreto del proyecto.

Esta propuesta fue validada por expertos a través de una encuesta. Se buscaron especialistas con amplia experiencia trabajando en proyectos de TI: Jefes de Tecnología de la Oficina de TI de empresas, administradores de proyectos/programas de TI, miembros del equipo de proyecto, usuarios finales y profesionales con suficiente experiencia y conocimiento en el sector de TI.

Para construir la encuesta, se utilizó una página web https://manager.e-encuesta.com/. La encuesta fue realizada en inglés ya que algunos de los encuestados eran de habla inglesa.

3.2 Selección de factores de medida de la complejidad en la Dirección de Proyectos de TI

Se consideraron todos los factores encontrados en la literatura como factores relevantes en la complejidad de los proyectos de TI, ya que todos estos factores fueron identificados por varios autores como factores inherentes a la complejidad de estos proyectos. Todos ellos fueron incluidos en la plantilla elaborada para diseñar la herramienta de medida de la complejidad (ver columnas 1 y 2 de la tabla 1).

3.3 Diseño de la encuesta

Cuestiones 1-3: perfil de los expertos

Estas preguntas fueron diseñadas para conocer parte del perfil de los expertos: sector industrial del profesional de TI, años de experiencia trabajando con proyectos de TI y perfil profesional.

Cuestiones 4-5: relacionadas con los grupos de complejidad

Se realizaron dos preguntas sobre los grupos de complejidad, para saber cuáles eran considerados por los expertos como los que afectaban más a la complejidad.

Cuestiones 6-10: relacionadas con factores de complejidad

Se preguntó a los expertos por los factores de aquellos grupos a los que se agregaron nuevos factores de complejidad. Consideramos que el resto de los grupos de factores de complejidad deben ser parte de la herramienta ya que estos son factores que afectan a cualquier tipo de proyecto. Por lo tanto, las preguntas relacionadas con los factores de complejidad están diseñadas para clasificar los factores dentro de su grupo de complejidad y descartarlos si fuera necesario. Estas preguntas se utilizaron para conocer cuáles de estos factores contribuían más a la complejidad del proyecto. Los factores de complejidad se evaluaron utilizando una escala de tipo Likert de 5 puntos.

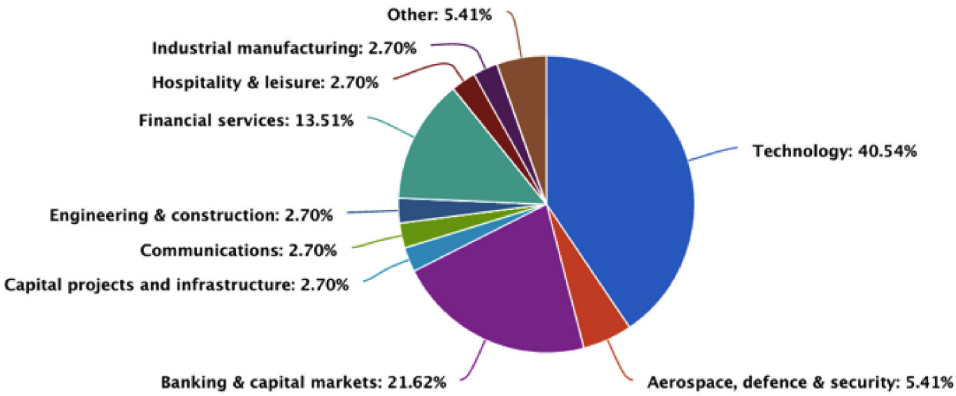
3.4 Resultados de la encuesta

Del total de las 50 personas que accedieron a la encuesta, 13 de ellas no fueron totalmente completadas, por lo que finalmente se contó con 37 respuestas.

El 52% de las respuestas fueron respondidas desde España, el 22% desde Colombia, el 6% desde Estados Unidos y el 19% desde más de 9 países diferentes.

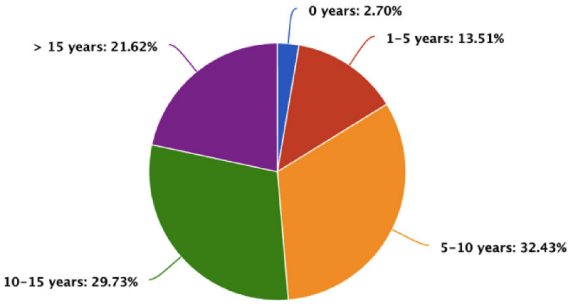
Perfil de los encuestados

Figura 1 Perfil de los encuestados. Sector Industrial (%)



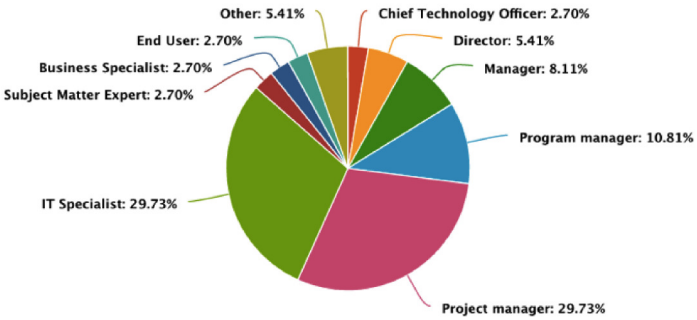
La mayoría de los profesionales pertenecen al sector de la Tecnología, Banca y servicios financieros.

Figura 2 Perfil de los encuestados. Años de experiencia (%)



Los resultados en cuanto a nivel de experiencia sugieren que los expertos estaban bien cualificados.

Figura 3 Perfil profesional de los encuestados (%)



Alrededor del 57% de los encuestados tienen perfiles de gestión. El porcentaje restante de expertos forma parte de proyectos perfil técnico y empresarial.

Resultados de los factores de Complejidad

En esta parte se analizó el impacto de los nuevos factores de complejidad / grupo añadido.

Figura 4 Grupos de Complejidad, importancia en los proyectos de TI

	1	2	3	4	5	Average	Total responses
Objectives, Requirements, Expectations	3 8.11%	2 5.41%	2 5.41%	5 13.51%	25 67.57%	4.27	37
Interested Parties, Integration	1 2.70%	1 2.70%	7 18.92%	12 32.43%	16 43.24%	4.11	37
Cultural and social context	3 8.11%	3 8.11%	22 59.46%	8 21.62%	1 2.70%	3.03	37
Degree of innovation, general conditions	1 2.70%	5 13.51%	12 32.43%	15 40.54%	4 10.81%	3.43	37
Project structure, demand for coordination	3 8.11%	3 8.11%	7 18.92%	19 51.35%	5 13.51%	3.54	37
Project organisation	4 10.81%	3 8.11%	5 13.51%	14 37.84%	11 29.73%	3.68	37
Leadership, teamwork, decisions	3 8.11%	3 8.11%	3 8.11%	15 40.54%	13 35.14%	3.86	37
Resources incl. finance	2 5.41%	3 8.11%	12 32.43%	9 24.32%	11 29.73%	3.65	37
Risk and opportunities	1 2.70%	2 5.41%	9 24.32%	17 45.95%	8 21.62%	3.78	37
PM methods, tools and techniques	3 8.11%	6 16.22%	12 32.43%	10 27.03%	6 16.22%	3.27	37
Technology	2 5.41%	6 16.22%	13 35.14%	9 24.32%	7 18.92%	3.35	37

Mediante el uso de la columna "Average" es posible ordenar la importancia relativa de los factores para los proyectos de TI. La siguiente tabla resume las calificaciones promedio de cada factor de complejidad (rango de calificación de "1 - no importante" a "5 - extremadamente importante"):

Tabla 2 Resumen resultados de las cuestiones 4 –5

Grupo de complejidad	Media
Objectivos, Requirimientos y Expectativas	4.27
Partes interesadas, Integración	4.11
Contexto cultural y social	3.86
Grado de innovación, condiciones generales	3.78
Estructura del proyecto, necesidad de coordinación	3.68
Organización del proyecto	3.65
Liderazgo, trabajo en equipo, decisiones	3.54
Recursos, incluidos los financieros	3.43
Riesgos y oportunidades	3.35
Métodos, herramientas y técnicas de gestión	3.27
Tecnología	3.03

Se realizó un análisis similar en cada grupo de complejidad para clasificar los factores que componen cada grupo. Se muestra un ejemplo de encuesta para el nuevo grupo de complejidad de TI "Tecnología" para dar a conocer la relevancia de este nuevo grupo de complejidad en comparación con otros grupos y para aclarar el procedimiento aplicado en la encuesta para validar la propuesta.

Grupo de complejidad: Tecnología

"Por favor, clasifique cada factor de complejidad de 1 (el factor menos complejo) a 5 (el factor más complejo) teniendo en cuenta el impacto en los proyectos de TI. Por favor, marque "No aplica" si piensa que ese factor no es aplicable a proyectos de TI"

Figura 5 Tecnología. Ordenación relativa de factores

	1	2	3	4	5	Does not apply	Average	Total responses
Incompetence on using / applying Technology	1 2.70%	3 8.11%	6 16.22%	10 27.03%	16 43.24%	1 2.70%	4.03	37
Too many new technologies in place	1 2.70%	9 24.32%	9 24.32%	15 40.54%	3 8.11%	0 0.00%	3.27	37
No IT management support	2 5.41%	1 2.70%	7 18.92%	15 40.54%	12 32.43%	0 0.00%	3.92	37
Stakeholders technology illiteracy	1 2.70%	4 10.81%	16 43.24%	11 29.73%	5 13.51%	0 0.00%	3.41	37
Many Infrastructure, Telecommunication Constraints	1 2.70%	4 10.81%	12 32.43%	17 45.95%	3 8.11%	0 0.00%	3.46	37

La mayoría de los nuevos factores de complejidad de TI sugeridos se encuentran en la primera mitad de la clasificación de complejidad relativa. Como se mostró en el análisis de los resultados de la encuesta, no hay factores considerados fuera del alcance de la *Snapshot tool*. El máximo valor de respuestas que indicaron que este factor no se aplica es cercano al 10%, lo cual no se considera suficiente para eliminarlas de la herramienta. Como resumen de los promedios de las respuestas obtenidas, la siguiente tabla muestra todos los factores estudiados en la encuesta y ordenados por nivel de complejidad (en negrita los nuevos factores de complejidad):

Tabla 3 Resumen de resultados de las cuestiones 6 –10

Orden	Factor de complejidad	Media
1	**Claro establecimiento de los requerimientos**	**4,41**
2	Mandato y objetivo	4,25
3	**Implicación del usuario**	**4,19**
4	Transparencia del mandato y de los objetivos	4,11
5	**Personal cualificado**	**4,05**
6	**Expectativas realistas**	**4,03**
7	**Apoyo de la gerencia**	**4,03**
8	**Incompetencia en el uso o aplicación de la tecnología**	**4,03**
9	**Equipo motivado por el proyecto**	**3,95**
10	**Objetivos estratégicos claros**	**3,94**
11	**Soporte del equipo gestor de Tecnologías de la información**	**3,92**
12	Partes interesadas, grupos de presión	3,91
13	**Equipos near/off shore familiarizados con aspectos técnicos y de negocio del proyecto**	**3,91**
14	**Incertidumbre y cambios de requerimientos regulados**	**3,85**
15	Intereses de las partes implicadas	3,78
16	Objetivos conflictivos	3,74
17	Interrelaciones de los grupos de interés	3,71
18	**Patrocinador del Proyecto comprometido con el uso de metodologías en el proyecto**	**3,64**
19	Disponibilidad de asistencia	3,57
20	Variedad de métodos y herramientas aplicadas	3,56
21	Interdependencia de los objetivos	3,53
22	Número y evaluación de los resultados	3,53
23	**Restricciones en la infraestructura o redes de telecomunicación**	**3,46**
24	Aplicación de estándares	3,44
25	**Desconocimiento de la tecnología**	**3,41**
26	Categorías de grupos de interés	3,36
27	Estructura del equipo	3,34
28	Proporción de gestión con respecto al total del trabajo del proyecto	3,33
29	**Nuevas tecnologías**	**3,27**
30	Número de subordinados	3,19
31	**Metodología incremental o iterativa utilizada en el proyecto**	**3,19**
32	Procesos de toma de decisiones	3,15
33	Estilo de liderazgo	3,14

4. Descripción de la herramienta de evaluación de la complejidad en la Dirección de Proyectos de TI.

La herramienta fue diseñada teniendo en cuenta todos los nuevos factores de complejidad extraídos de la literatura y validados por los expertos. A continuación, se presenta una tabla con todos los factores a incluir en la herramienta de evaluación: los que considera la herramienta de medida de complejidad IPMA nivel B y los nuevos factores obtenidos en el presente trabajo.

Para la evaluación de la complejidad de proyectos de TI se propone seguir el procedimiento establecido a tal efecto por el sistema de certificación IPMA-4LC nivel B, que pide a los candidatos valorar los factores de complejidad calificándolos de acuerdo a cuatro niveles de complejidad: muy alta (4), alta (3), baja (2) y muy baja (1), incluyendo los nuevos factores específicos para proyectos de TI.

La tabla siguiente expresa los valores "muy bajos" y "muy altos" para cada factor. El valor "Muy alto" es el que se utilizó para formular las preguntas de la encuesta:

Grupos de factores	Factores	Baja complejidad	Alta complejidad
1. Objectivos, Requirimientos y Expectativas	Mandato y objetivo	definidos, obvios	inciertos, vagos
	Objetivos conflictivos	pocos conflictos	muchos conflictos
	Transparencia del mandato y de los objetivos	bastante transparentes	ocultos
	Interdependencia de los objetivos	bastante independientes	muy interdependientes
	Número y evaluación de los resultados	bajo, unidimensional	alto, multidimensional
	Claro establecimiento de los requerimientos	**requerimientos perfectamente claros**	**requerimientos poco claros**
	Expectativas realistas	**fácilmente alcanzables**	**expectativas difíciles de conseguir**
	Objetivos estratégicos claros	**definidos, obvios**	**inciertos, vagos**
	Incertidumbre y cambios de requerimientos regulados	**disponibles, conocidos**	**inciertos, cambiantes**
2. Partes interesadas, Integración	Partes interesadas, grupos de presión	pocas partes interesadas	numerosas partes interesadas
	Categorías de grupos de interés	pocas categorías homogéneas	muchas diferentes
	Interrelaciones de los grupos de interés	pocas y conocidas relaciones	relaciones desconocidas
	Intereses de las partes implicadas	intereses comparables	intereses divergentes
	Implicación del usuario	**usuario disponible y comprometidos con el proyecto**	**usuario no comprometido con el proyecto**
	Apoyo de la gerencia	**gerencia comprometida con el proyecto**	**gerencia no comprometida con el proyecto**
	Patrocinador del Proyecto comprometido con el uso de metodologías en el proyecto	**patrocinador comprometido con la metodología del proyecto**	**patrocinador no comprometido con la metodología del proyecto**
3. Contexto cultural y social	Diversidad del contexto	homogéneo	diverso
	Variedad cultural	uniforme, bien conocido	multicultural, desconocido
	Distancias geográficas	próximas, concentradas	distantes, distribuidas
	Alcance social	pequeño, fácil de manejar	grande, exigente
4. Grado de innovación, condiciones generales	Grado de innovación tecnológica	tecnología conocida y probada	tecnología desconocida
	Necesidad de creatividad	enfoque repetitivo	enfoque innovador
	Ámbito de desarrollo	limitado	amplio
	Relevancia pública	bajo interés público	alto interés público
5. Estructura del proyecto, necesidad de coordinación	Estructuras a ser coordinadas	pocas estructuras	numerosas estructuras
	Necesidad de coordinación	Simple, directa	exigente, elaborada
	Estructuración de las fases	secuencial	solapadas, simultáneas
	Necesidad de información	unidimensional, común	multidimensional, exhaustiva

6. Organización del proyecto	Numero de interfaces	pocas	muchas
	Necesidad de comunicación	directa, no exigente, uniforme	indirecta, exigente, múltiple
	Estructura jerárquica	unidimensional, simple	multidimensional, estructura matricial
	Relaciones con la organización permanente	pocas relaciones	relaciones mutuas intensivas
7. Liderazgo, trabajo en equipo, decisiones	Número de subordinados	pocos, ámbito de control reducido	muchos, ámbito de control amplio
	Estructura del equipo	estructura del equipo estática	estructura del equipo dinámica
	Estilo de liderazgo	constante y uniforme	adaptivo y variable
	Procesos de toma de decisiones	pocas decisiones importantes	muchas decisiones importantes
	Equipo motivado por el proyecto	**altamente motivado**	**poco motivado**
	Personal cualificado	**equipo cualificado**	**equipo poco cualificado**
	Equipos near/off shore implicados	**equipos domésticos**	**equipos near/off shore implicados**
	Equipos near/off shore familiarizados con aspectos técnicos y de negocio del proyecto	**alto conocimiento de los equipos near/off shore**	**equipos near/off shore no familiarizados con el proyecto**
8. Recursos, incluidos los financieros	Disponibilidad de personal, material, etc.	disponible, conocido	incierto, cambiante
	Recursos financieros	un inversor y pocos tipos de recursos	muchos inversores y tipos de recursos
	Inversión de capital	baja (con respecto a proyectos del mismo tipo)	grande (con respecto a proyectos del mismo tipo)
	Cantidad y diversidad del personal	baja	alta
9. Riesgos y oportunidades	Previsibilidad de riesgos y oportunidades	alta, bastante segura	baja, incierta
	Probabilidad de riesgo, relevancia del impacto	bajo potencial de riesgo, bajo impacto	alto potencial de riesgo, alto impacto
	Oportunidades potenciales	muchas opciones de acción	opciones de acción limitadas
	Posibilidades de acción para minimizar los riesgos	bajo potencial de oportunidades	alto potencial de oportunidades
10. Métodos, herramientas y técnicas de gestión	Variedad de métodos y herramientas aplicadas	pocos, simple	numerosos, variables
	Aplicación de estándares	estándares comunes aplicables	pocos estándares comunes aplicables
	Disponibilidad de asistencia	mucha asistencia disponible	no hay asistencia disponible
	Proporción de gestión con respecto al total del trabajo del proyecto	bajo porcentaje	alto porcentaje
	Metodología incremental o iterativa utilizada en el proyecto	**empleo de metodología incremental**	**empleo metodología iterativa**
11. Tecnología	**Incompetencia en el uso o aplicación de la tecnología**	**competencia tecnológica**	**incompetencia tecnológica**
	Nuevas tecnologías	**buen conocimiento de las tecnologías empleadas**	**muchas nuevas tecnologías en juego**
	Soporte del equipo gestor de Tecnologías de la información	**soporte TI completo**	**sin soporte TI**
	Desconocimiento de la tecnología	**los stakeholders conocen la tecnología**	**los stakeholders desconocen la tecnología**
	Restricciones en la infraestructura o redes de telecomunicación	**pocas**	**muchas**

5. Conclusiones

La evaluación de los factores de complejidad de un proyecto es un problema abierto y para el que aún no se ha encontrado un enfoque que establezca bases comunes para llevarla a cabo. No existe un estándar único que respalde las prácticas de gestión de proyectos complejos, sin embargo se ha encontrado que el enfoque propuesto por IPMA es el que más se aproxima a una herramienta que pueda emplearse como sistema de evaluación de la complejidad, ya que define factores y propone una escala de valoración para medir el grado en que estos factores afectan a la complejidad del proyecto.

Por otro lado, la necesidad de tratar la complejidad mediante modelos de gestión que consideren los factores propios de proyectos de TI, dada su inherente vulnerabilidad al fracaso, lleva a la búsqueda de estos factores y a su implementación a través de una herramienta de evaluación que mida su complejidad teniendo en cuenta estos factores de forma específica.

En el presente trabajo se propone el desarrollo de una herramienta que toma como base el modelo de evaluación de la complejidad de dirección de un proyecto para la certificación de nivel B del sistema de certificación IPMA 4LC, añadiendo aquellos factores que, por un lado se han identificado en la bibliografía a través de numerosos estudios y, por otro, su presencia e influencia en la complejidad de los proyectos de TI se ha validado por expertos a través de una encuesta.

6. Referencias

AEIPRO (Asociación Española de Ingeniería de Proyectos) (2006) Bases para la competencia en dirección de proyectos versión 3.0. Valencia. España.

Aitken, A. & Crawford, L. (2007). A study of Project categorization base on project management complexity. IRNOP VIII, Brighton.

Association for Project Management (2015). The standard for extraordinary project professionals from the Association for Project Management.

Australian Government, 2012. "Complex Project Manager Competency Standards, Complex Project Management Leadership and Excellence". ICCPM International Centre for Complex Project Management Version 4.1.

Bahli, B., & Rivard, S. (2003). The information technology outsourcing risk: A transaction cost and agency theory-based perspective. *Journal of Information Technology*, *18*(3), 211–221. http://doi.org/10.1080/0268396032000130214

Boehm, B. (1991). Software Risk Management: Principles and Practices.

Brooks, F. P. (1987). Essence and Accidents of Software Engineering. *Computer*, *20*(4), 10–19. http://doi.org/10.1109/MC.1987.1663532

Brown, C. A. (2007). The Opt - in / Opt - out Feature in a Multi - Stage Delphi Method Study. *International Journal of Social Research Methodology*, *10*(2), 135–144.

Chapman, R. J. (2016). A framework for examining the dimensions and characteristics of complexity inherent within rail megaprojects. *International Journal of Project Management*, *34*(6), 937–956. http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.05.001

Charette, R. N. (1989). *Software engineering risk analysis and management*. New York: Intertext Publications.

Earl, M. J. (1996). The Risk of Outsourcing IT. *Sloan Management Review*, *37*(3), 26–32. http://doi.org/10.1109/HICSS.1998.654830

Ewusi-Mensah, K. (2003). *Software development failures anatomy of abandoned projects*.

Geraldi, J., Maylor, H., & Williams, T. (2011). Now, let's make it really complex (complicated). *International Journal of Operations & Production Management*, *31*(9), 966–990. http://doi.org/10.1108/01443571111165848

Jarvenpaa, S. L., & Ives, B. (1991). Executive involvement and participation in the management of information technology. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, *15*(2).

Kemerer, C. F., & Sosa, G. L. (1991a). Systems development risks in strategic information systems. *Information and Software Technology*, *33*(3), 212–223. http://doi.org/10.1016/0950-5849(91)90136-Y

Kemerer, C. F., & Sosa, G. L. (1991b). Systems development risks in strategic information systems. *Information and Software Technology*, *33*(3), 212–223. http://doi.org/10.1016/0950-5849(91)90136-Y

Kliem, R. (2004). Managing the Risks of Offshore IT Development Projects. *Information Systems Management*, *21*(3), 22–27. http://doi.org/10.1201/1079/44633.32.4.20041001/83712.2

Lyytinen, K., & Hirschheim, R. (1987). Lyytinen K and Hirschheim R Paper 1987.pdf. *Oxford Surveys in Information Technology*.

Murray, J. P. (2000). Reducing IT project complexity. *Information Strategy: The Executive's Journal*, *16*(3), 30–38.

Nakatsu, R. T., & Iacovou, C. L. (2009). A comparative study of important risk factors involved in offshore and domestic outsourcing of software development projects: A two-panel Delphi study. *Information and Management*, *46*(1), 57–68. http://doi.org/10.1016/j.im.2008.11.005

Sakthivel, S. (2007). Managing risk in offshore systems development. *Communications of the ACM*, *50*(4), 69–75. http://doi.org/10.1145/1232743.1232750

Schmidt, R., Lyytinen, K., Keil, M., & Cule, P. (2001). Identifying Software Project Risk: An International Delphi Study. *Journal of Managment Information System*, *17*(4), 5–36. http://doi.org/10.1080/07421222.2001.11045662

Standish Group. (2015). *The Chaos Report*. Dennis, MA: Standish Group International, Inc.

Tafti, M. H. A. (2013a). Risks factors associated with offshore IT outsourcing. *Industrial Management & Data Systems*. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1108/02635570510599940

Tafti, M. H. A. (2013b). Risks factors associated with offshore IT outsourcing. *Industrial Management & Data Systems*.

Taylor, H. (2006). Critical risks in outsourced it projects: the intractable and the unforeseen. *Communications of the ACM*, *49*(11), 75–79.

Turner, J. R., & Cochrane, R. A. (1993). Goals-and-methods matrix: coping with projects with ill defined goals and/or methods of achieving them. *International Journal of Project Management*, *11*(2), 93–102. http://doi.org/10.1016/0263-7863(93)90017-H

Wallace, L., Keil, M., & Rai, A. (2004). Understanding software project risk: a cluster analysis. *Information & Management*, *42*(1), 115–125. http://doi.org/10.1016/j.im.2003.12.007

Whitney, K. M., & Daniels, C. B. (2013). The Root Cause of Failure in Complex IT Projects: Complexity Itself. *Procedia Computer Science*, *20*, 325–330. http://doi.org/10.1016/j.procs.2013.09.280

Whitty, S. J., & Maylor, H. (2009a). And then came Complex Project Management (revised). *International Journal of Project Management*, *27*(3), 304–310. http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.03.004

Whitty, S. J., & Maylor, H. (2009b). And then came Complex Project Management (revised). *International Journal of Project Management*, *27*(3), 304–310. http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.03.004