

01-020

### **COMPLEXITY IN ENGINEERING PROJECTS. AN APPROACH TO THE SOCIAL DIMENSION FROM A CASE STUDY**

Moreno Escobar, Begoña; Martínez Montes, Germán; Alegre Bayo, Francisco Javier  
Universidad De Granada

Advanced engineering project management is essential especially in those projects that can be considered complex because of their dimension and scope. Determining the complexity and how to address it, reducing and allocating risk has been the subject of many studies to date. Of the technical, economic and social components of the complexity of engineering projects, the management of the latter has an increasing. In this paper we develop an approach to the concept of project complexity and different management proposals. Subsequently, we analyze the complexity of a specific project, and the consequences of each of the decisions taken in relation to their management.

**Keywords:** *Engineering projects; Project management; Complexity*

### **LA COMPLEJIDAD EN LOS PROYECTOS DE INGENIERÍA. UNA APROXIMACIÓN A LA DIMENSIÓN SOCIAL DESDE EL ESTUDIO DE UN CASO**

La gestión avanzada de proyectos de ingeniería es imprescindible especialmente en aquellos que por su dimensión y alcance pueden considerarse como complejos. Determinar esta complejidad, así como la forma de abordarla, reduciendo y asignando riesgos existentes ha sido objeto de muchos estudios a fecha de hoy. De entre las componentes técnica, económica y social de la complejidad de los proyectos de ingeniería, cada vez cobra una mayor importancia la gestión de esta última. En este artículo se hace una aproximación al concepto de complejidad de proyectos y a las distintas propuestas para gestionarla. Posteriormente, mediante el estudio de un caso se analiza el grado de complejidad de un determinado proyecto, así como las consecuencias de cada una de las decisiones tomadas en relación con su gestión.

**Palabras clave:** *Proyectos de Ingeniería;; Gestión; Complejidad*

Correspondencia: Germán Martínez Montes gmmontes@ugr.es

Agradecimientos: Para el desarrollo de la presente investigación ha sido necesario el acceso a datos y documentos correspondientes a las obras del Campus Universitario de Ciencias de la Salud, promovido por la Universidad de Granada, que han sido proporcionados por el Vicerrectorado de Infraestructuras y Campus de esta universidad, habiendo contado con su colaboración para todo ello. Igualmente se ha contado con la financiación facilitada por la empresa UCOP, Construcciones, S.A., con cargo a contratos de investigación centrados en la gestión del riesgo y la complejidad en los proyectos de construcción.

## 1. Introducción

La gestión de proyectos, como disciplina, ha ido consolidándose en las últimas décadas con objeto de dar respuesta a la necesidad del correcto desarrollo de proyectos. De esta forma, desde los años cincuenta del pasado siglo han sido notables las aportaciones de Henry Gantt (*Work Breakdown Structure - WBS*) y los diagramas que llevan su nombre, Booz-Allen & Hamilton (*Program Evaluation and Review Technique - PERT*), DuPont Corporation and Remington Rand Corporation (*Critical Path Method - CPM*), the American Association of Cost Engineers (*Total Cost Management Framework*) y del Project Management Institute (PMI) que en el año 1981 publicó la primera edición de “*A Guide to the Project Management Body of Knowledge*” (PMBOK Guide) y sus posteriores reediciones.

Se puede asegurar, por tanto, que existen gran cantidad de herramientas, técnicas, procedimientos y procesos que deberían asegurar que, tras su correcta aplicación, todo proyecto terminase consiguiendo los objetivos fijados de partida.

A fecha de hoy, a pesar del desarrollo tecnológico del último siglo, los proyectos siguen fallando tanto en objetivos, como en calidad, plazos y costes, especialmente en el sector de la construcción (Ogunlana et al., 1996; Flyvbjerg et al, 2003; Sambasivan et al., 2007; Gonzalez et al., 2013).

Algunos estudios concluyen que solo el 5,4% de los proyectos de construcción terminan consiguiendo los objetivos de partida en cuanto a plazo y coste, mientras que más del 70% de ellos exceden sus presupuestos iniciales en más de un 10% (Chaos Manifesto 2013; Construction Industry Institute, 2012).

El tamaño y la complejidad de los proyectos de construcción han crecido notablemente en los últimos años, siendo habitual soluciones técnicas inéditas que suponen trabajar en el entorno de la innovación y por tanto de la incertidumbre y el riesgo (Leijten, 2009).

En paralelo se han seguido desarrollando gran cantidad de herramientas y procesos para su gestión, casi siempre desde una visión cartesiana y lineal del proyecto (correspondiente al pilar de la gestión de proyectos relativo a estructuras, procesos, sistemas, métricas, etc.) frente a la gestión que analiza los agentes y la realidad social del proyecto (relaciones personales, motivaciones, comunicación, etc.).

Se hace imprescindible por tanto considerar la variable social para asegurar el éxito en la gestión de proyectos. Dicha variable cobra más protagonismo si cabe cuando el tamaño, alcance y complejidad son mayores. La forma en que las personas implicadas en la gestión de proyectos establecen sus relaciones son la causa principal y más volátil de la complejidad de proyectos (Syed et al., 2010).

La línea de investigación centrada en la complejidad social y su desarrollo es esencial para una reformulación de la gestión de proyectos complejos (Cicmil et al., 2006). Es una de las más demandadas por investigadores y profesionales de la gestión de proyectos que son conscientes de las consecuencias que hasta la fecha ha tenido su falta de consideración.

## 2. Objetivos y metodología

El objetivo principal de esta investigación es el análisis de la importancia de la dimensión social en el grado de complejidad de proyectos.

Para ello se lleva a cabo una profunda revisión bibliográfica que permita aclarar los conceptos de complejidad y sus dimensiones.

Posteriormente se plantea el estudio de un caso concreto, con un grado de complejidad elevado, analizando las distintas circunstancias que se han ido presentando a lo largo del ciclo de vida de alguna de sus fases (quedando pendiente la última de ellas).

Se analizan y discuten las distintas causas de dicha complejidad y la influencia sobre ella de las medidas adoptadas con objeto de asegurar el éxito del proyecto. Finalmente se exponen de forma sumaria las principales conclusiones del estudio.

### **3. Revisión del concepto de complejidad y su evaluación**

#### **3.1. Complejidad**

Para llevar a cabo la gestión adecuada de un proyecto es necesario conocer su grado de complejidad con objeto de poder planificar los recursos y procesos realmente necesarios.

Previo a poder medir la complejidad y sus componentes o factores se hace imprescindible formular su definición correcta. En este sentido han sido muchos los investigadores que han tratado de encontrar una definición que se muestre útil como punto de partida para el posterior desarrollo de modelos de gestión de la complejidad de proyectos.

Uno de los autores de referencia, Baccarini (1996), señala que la complejidad se debe a la interrelación de muchas partes, perfectamente diferenciadas e interdependientes. El carácter no lineal de las relaciones indicadas es defendido por otros autores como un hecho diferencial de los proyectos complejos (Dombkins, 2012).

Existen otros enfoques que abordan el estudio de la complejidad desde el punto de vista de la información necesaria y la información disponible para la ejecución de cualquier proyecto (Winch, G.M., 2000). Este autor defiende que la incertidumbre es el espacio entre las dos informaciones citadas y se debe fundamentalmente a dos fuentes: la complejidad, correspondiente a la información teóricamente disponible pero muy costosa de obtener, y la imprevisibilidad, relativa a aquella información imposible de predecir con datos disponibles.

Ya de forma específica en los proyectos de construcción, la gestión de riesgos es abordada desde cuatro conceptos: incertidumbre, riesgo, complejidad y caos (Lehtiranta et al., 2010). Esta distinción permite plantear la gestión del riesgo como una actividad sistemática y ordenada, mientras que la gestión de la complejidad exige una gestión mucho más flexible, centrada en la capacidad individual de reorganización frente a una realidad cambiante e interrelacionada (Van Eijnatten, 2004).

La imposibilidad de formular una definición clara y concisa supone que frecuentemente se confundan proyectos grandes con proyectos complejos. Igual ocurre cuando diversos autores hablan de proyectos complicados frente a proyectos complejos. Los primeros tienen multitud de agentes, elementos y condiciones así como distintas formas de relacionarse entre ellos, pero todas pueden ser conocidas. En el caso de los proyectos complejos se presentarán circunstancias e incluso elementos y agentes que son impredecibles (Bawden, 2007).

#### **3.2. Dimensiones de la complejidad**

A la hora de analizar la naturaleza de la complejidad y por ende las distintas causas o circunstancias que subyacen tras la misma, son muchos los autores (Payne, 1995; Baccarini, 1995; Whitty et al., 2009; De los Ríos-Carmenado et al., 2014) que defienden la existencia de tres componentes claramente diferenciados: técnica, organizativa-estructural y social.

*La complejidad técnica* se puede definir a partir de las propuestas tecnológicas recogidas en el proyecto que permitirán alcanzar los objetivos en plazo, coste y calidad. En función de la naturaleza del proyecto, su grado de innovación, las tecnologías y procesos propuestos, su

grado de definición en la fase de proyecto y la coherencia de los elementos que lo componen, se podrá hablar de proyectos complicados técnicamente o complejos técnicamente.

La orientación en la fase de diseño al producto olvidando la definición de los procesos necesarios puede traducirse posteriormente en situaciones complejas que sumadas a las condiciones de contorno (contratos, agentes, instituciones, marco legal) pueden dificultar la consecución de los objetivos del proyecto.

*La complejidad organizativa y estructural* engloba todos los aspectos relacionados con el contexto en donde se formulan los objetivos del proyecto: promotor, instituciones, administraciones, legislación, agentes sociales, situación económica, así como todas las interrelaciones que se puedan presentar.

Por último, *la complejidad social* corresponde a la red de relaciones interpersonales presentes y necesarias para que puedan alcanzar todos los objetivos del proyecto. Es evidente que a mayor número de agentes e instituciones implicadas habrá más relaciones personales que deben ser correctamente gestionadas para no lastrar el desarrollo del proyecto.

Es importante señalar que esta clasificación de la complejidad de proyectos en tres componentes no es excluyente, dándose la paradoja que los dos primeros siempre confluyen en una complejidad social adicional ya que no podrán ser resueltos sin nuevas relaciones interpersonales de los agentes implicados en cada caso.

Esta circunstancia ha sido puesta de manifiesto por diversos autores (Van Eijnatten, 2004; Yinluo, 2008; Senescu et al., 2013), los cuales no dudan en señalar como esencial los valores sociales y sus capacidades de interrelación en situaciones cambiantes como las que se producen a lo largo del ciclo de vida de los proyectos complejos.

### **3.3. Evaluación de la Complejidad**

Tal y como se ha descrito, la dificultad a la hora de encontrar una definición que permita un acercamiento pragmático a la realidad de los proyectos complejos y a la necesidad de su correcta gestión, ha supuesto que determinados autores defiendan que la mejor manera de definir la complejidad es reformularla como una pregunta: ¿Cómo de complejo es determinado proyecto? (Bar Yan, 2003). La respuesta obliga, por tanto, a encontrar mecanismos de métrica de la complejidad.

Por otra parte, Crawford L. (2013) argumenta entre otras razones de interés para la implantación de estándares y calificaciones, la demanda de las empresas de normas y requisitos que sean aplicables a nivel global como base para las metodologías de gestión de proyectos y para la selección del personal o la necesidad por parte de los profesionales del reconocimiento mundial de las cualificaciones profesionales y académicas en la gestión de proyectos.

Se empezaron a definir estándares de competencia a nivel internacional para evaluar la complejidad de los proyectos y, en esta línea, en 1999 surgió la Global Alliance for Project Performance Standards (GAPPS), impulsada por voluntarios con conocimiento y experiencia, pertenecientes a asociaciones profesionales, organismos e instituciones.

La GAPPS propone como estándar la herramienta Crawford-Ishikura Factor Table for Evaluating Roles (*CIFTER*) que presenta un modelo de competencias generales “*basadas en el desempeño*” que todo Project Manager debe cubrir y permite clasificar los proyectos, con los que se evaluará al Project manager, según su nivel de complejidad. (GAPPS, 2007, Crawford, 2013).

Las normas GAPPS son deliberadamente genéricas con objeto de complementar otros estándares de gestión de proyectos y programas, incluyendo los de las asociaciones

profesionales. Son aplicables a cualquier ámbito profesional y, en el proceso evaluador de la complejidad, inciden en sus aspectos contextuales y sociales. A partir de ellas se han desarrollado diferentes estándares como el del Instituto Australiano de Dirección de Proyectos (AIPM), la Asociación Internacional de Dirección de Proyectos (IPMA), la Asociación de Dirección de Proyectos de Japón, Instituto de Dirección de Proyectos (PMI), Proyectos en Entornos Controlados (PRINCE2) (De Los Ríos et al. 2014).

#### 4. Estudio del caso

##### 4.1. Caracterización del proyecto

El Proyecto “Campus Universitario de Ciencias de la Salud” (CUCS), promovido por la Universidad de Granada y financiado por la Junta de Andalucía, se ubica en la zona central del Plan Parcial PP-S2 del Parque Tecnológico de Ciencias de la Salud (PTS), Parque ubicado al sur en la ciudad de Granada, ocupando a su vez terrenos en los términos municipales de Armilla y Ogijares. En dicho Parque se desarrollan las áreas de docencia, asistencia sanitaria, investigación y desarrollo empresarial, siendo un espacio de referencia para la creación, implantación y expansión de instituciones y empresas, que transforma el conocimiento en desarrollo económico y social, especialmente en los sectores farmacéutico, biosanitario, asistencial y alimentario, lo que lo convierte en el primero de España y uno de los pocos del mundo especializado en salud.

El desarrollo del CUCS, consiste en la construcción de 5 edificios para uso docente e investigador en una parcela de 100.214 m<sup>2</sup> que se destinarán a Servicios Generales (SSGG) del Campus y a las Facultades de Ciencias de la Salud, Medicina, Farmacia y Odontología.

Debido a la financiación existente para este proyecto, obtenida a través de una subvención de la Junta de Andalucía, así como a sus plazos de ejecución, el promotor se ha visto obligado a desarrollarlo en tres fases: en **una primera fase** se redactaron todos los proyectos de ejecución, contratados a través de un concurso internacional de ideas, contando con un total de cuatro estudios de arquitectura que asumen tanto la redacción del proyecto como la dirección de las obras, teniendo en cuenta que el diseño general del Campus, desde el punto de vista urbanístico y geométrico, le correspondía al estudio que recibió el primer premio del concurso; **en una segunda fase**, se han ejecutado las obras de urbanización de la parcela y los edificios de Servicios Generales, Facultad de Medicina y Facultad de Ciencias de la Salud y **en una tercera fase**, aún pendiente por falta de financiación para ello, se desarrollarán las obras de las Facultades de Farmacia y Odontología.

Las actuaciones recogidas en la segunda fase, han tenido un presupuesto de contrata de 110 millones de euros, y se han desarrollado entre Noviembre de 2.009 y Febrero de 2.015.

Otro aspecto importante ha sido el hecho de que en la misma parcela del Campus se han ejecutado otras actuaciones de forma simultánea promovidas por otros organismos, que han provocado interferencias con las anteriores, como son la ejecución de un encauzamiento que recorre la parcela docente de norte a sur, siendo el promotor de la obra la Junta de Andalucía, y la construcción de un edificio y la rehabilitación de un cortijo, ambos para albergar la sede de la Fundación PTS, incluyendo la urbanización existente entre ambos edificios.

Hay que destacar dentro de la gestión del proyecto la gran cantidad de agentes que han concurrido en el mismo, tanto internos como externos, y tanto públicos como privados.

Dentro de los agentes internos se encuentran: la Universidad de Granada como promotora de las obras y los usuarios finales, profesorado, personal de administración y servicios y estudiantes; Projectistas y dirección de obra, siendo un estudio de arquitectura responsable de los proyectos y dirección de obra de la urbanización, Edificio de Servicios Generales y

Facultad de Medicina y un segundo estudio responsable del proyecto y dirección de obra de la Facultad de Ciencias de la Salud; tres contratistas principales para la ejecución de las obras, estando dos de ellos constituidos por uniones temporales de tres empresas; dos organismos de control de calidad que desarrollaban las funciones recogidas en la Ley de Ordenación de la Edificación y una Dirección Integrada que asumía todas las funciones propias del Construction Manager (CM). Esta figura, introducida por la Universidad de Granada tras el análisis global del proyecto y de sus riesgos asociados, fue contratada de forma simultánea a las empresas constructoras, pero no en la fase previa de redacción de los proyectos.

Dentro de los agentes externos hay que mencionar los siguientes: Administración autonómica, como organismo financiador y promotor del encauzamiento ejecutado en la parcela; Administración local, como responsable de los permisos y licencias relacionadas con cada obra; Fundación PTS, como promotora de la construcción de su sede, así como entidad urbanizadora de todo el Plan Parcial en el que se desarrolla este Campus; empresas suministradoras y de servicios, para proveer de los distintos servicios urbanos necesarios en la parcela y otros agentes como los medios de comunicación e incluso equipos de gobierno de las distintas administraciones implicadas (agentes políticos).

#### 4.2. Evaluación de la complejidad del proyecto

Para analizar y valorar el nivel de complejidad del proyecto del CUCS se utiliza el factor CIFTER, el cual identifica siete ítems que afectan a la complejidad de la gestión de un proyecto (tabla 1). Cada factor tiene una clasificación de 1 a 4 aplicando una puntuación cualitativa de menor a mayor complejidad. Se suman las valoraciones resultando un índice de complejidad del proyecto, tomado como referencia para caracterizar los niveles de estándares para la dirección de proyectos (G1 y G2) (GAPPS, 2007).

De esta manera, el modelo establece tres rangos, desde el proyecto simple (11 puntos o menos), el proyecto complejo moderado (nivel G1, de 12 a 18 puntos) al proyecto con alto grado de complejidad (nivel G2, más de 19 puntos).

Es importante señalar que la metodología desarrollada por GAPPS no establece la forma objetiva de asignación de puntuaciones para cada uno de los ítems, quedando ésta a criterio del evaluador del proyecto.

Tal y como reconoce Duncan (2006), en todas las propuestas de evaluación existe un grado de subjetividad a la hora de establecer las fronteras entre cada una de las categorías por ser necesaria una apreciación subjetiva de todos los elementos y las relaciones existentes entre ellos pero, con un mínimo de coherencia en las evaluaciones, se podrá vislumbrar la diferencia en la complejidad entre proyectos. Además, hay una cierta correlación entre los factores (Aitken y Crawford, 2007).

Una vez aplicado al proyecto del CUCS el proceso descrito, teniendo en cuenta la caracterización realizada en el apartado 4.1., se obtienen las puntuaciones recogidas en la tabla 1.

Tabla 1: Valoración de la complejidad del proyecto de las obras del CUCS. Factores CIFTER.

Factor de complejidad	Valoración
La estabilidad del contexto general del proyecto	3 (Moderada)

El número de distintas disciplinas, métodos, o enfoques que participan en la ejecución del proyecto	3 (Alta)
La magnitud de las implicaciones jurídicas, sociales o ambientales de la realización del proyecto	3(Alta)
Incidencia de las expectativas financieras, positivas o negativas, sobre las partes interesadas del proyecto	3(Alta)
Importancia estratégica del proyecto para la organización u organizaciones involucradas	4(Alta)
Cohesión de las partes interesadas sobre las características del producto del proyecto	3 (Baja)
Número y variedad de interfaces entre el proyecto y otras entidades organizativas	3 (Moderada)
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>

En la valoración realizada se ha tenido en cuenta que se trata de un proyecto de larga duración, lo que ha provocado incertidumbre en su financiación y en las necesidades finales de los usuarios, así como la aparición de nuevos aspectos normativos, afectando a su estabilidad general. En el desarrollo han participado un número muy elevado de agentes internos y externos, tanto públicos como privados, con relaciones muy intensas entre ellos y no siempre bien definidas, tratándose de un proyecto que repercute en un elevado número de usuarios de manera directa y con una implicación social elevada, tanto en los servicios públicos, infraestructuras, como en la actividad económica generada en la zona, afectando a los planes estratégicos de la Universidad y de la Ciudad. Tal y como puede observarse en el índice de complejidad obtenido, se trata de un proyecto con un alto grado de complejidad que exige un nivel G2 para su dirección.

### **5. Análisis y discusión del proyecto desde el punto de vista de la complejidad social**

A lo largo de todo el proyecto, incluidas las fases de diseño y construcción, se han dado multitud de relaciones entre las distintas personas implicadas directa o indirectamente en el mismo.

Estas relaciones se desarrollaron en el marco de los contratos específicos, normativa y legislación de aplicación y, en otros muchos casos, por la sola buena voluntad de las partes.

La confianza ha sido reseñada por multitud de autores como el elemento fundamental en el desarrollo de los proyectos de construcción (Graafland et al. 2007; Wong et al. 2000; Emmitt et al. 2003) En esta línea se puede asegurar que si bien la confianza no es un mecanismo de control sí supone un elemento sustitutivo de éste, adelgazando las tareas de seguimiento cuando los niveles de confianza son elevados (Rousseau, 1998; Lewicki, 2006)

Las relaciones personales existentes en el proyecto del CUCS han puesto en evidencia todos los roles posibles por parte de los distintos agentes (conductor, facilitador, analítico, agresivo, evasivo, cooperativo y manipulador). Dichos roles han cambiado a lo largo de todo el proceso, principalmente por intereses y objetivos de cada una de las partes y no precisamente por los objetivos principales del proyecto (calidad, plazo y coste).

Estos roles han estado condicionados por los distintos factores presentes en cualquier proceso de negociación. Estos son: poder, relación, posición, tiempo y táctico. En el caso particular que se estudia el factor tiempo condicionó todos los roles y factores citados ya que existía una limitación de plazos en la ejecución del proyecto que podía condicionar la financiación de la inversión, circunstancia ésta que pudo ser utilizada por las distintas partes

para acondicionar los objetivos principales del proyecto a los intereses propios de sus empresas e instituciones.

Todos estos elementos constitutivos de la complejidad social del proyecto se presentaron de forma más intensa por el hecho de que la práctica totalidad de las relaciones eran inéditas (Dainty et al., 2007), por lo que todo el trabajo de construcción de confianza partía de cero (o próximo a cero). Esta circunstancia junto con el hecho de que se plantearon conflictos sobre indefiniciones de proyecto, retrasos en el abono de certificaciones y, finalmente, problemas de plazo y calidad del producto provocó que los niveles de confianza fuesen en términos absolutos negativos ya que las posibilidades de recuperación de la confianza excedían los horizontes temporales del proyecto (véase figura 1). En la misma se recoge de forma esquemática, tal y como propone el autor citado, la evolución del nivel de confianza a lo largo del proyecto, sin que ello suponga una cuantificación numérica del mismo.

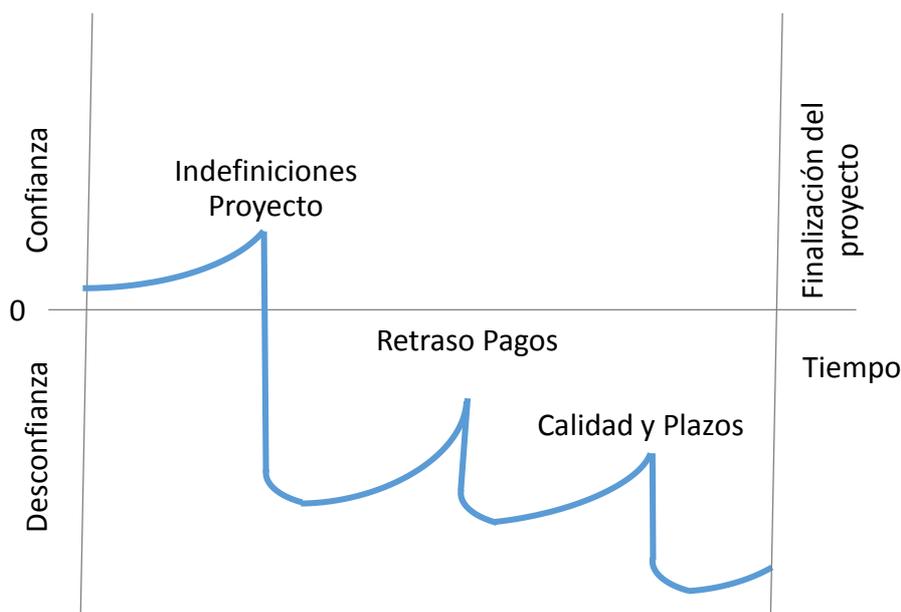


Figura 1: Nivel de confianza a lo largo del proyecto. (Elaboración propia a partir de Ceric, 2012).

En cada uno de los escalones de confianza perdidos se articularon medidas (incorporación de dirección integrada, de la gerencia de la Universidad de Granada y de los Servicios Jurídicos) teniendo que retomar nuevas posiciones de trabajo en común pero en los que los mecanismos de control han de ser mucho mayores ante la desconfianza entre todas las partes. Algunas de éstas han sido la sustitución de interlocutores e incluso la incorporación de facilitadores de las distintas negociaciones.

Perdidos determinados niveles de confianza se pone en evidencia que los objetivos de cada parte son totalmente distintos y en muchos casos contrapuestos. El proceso entra en una dinámica de trabajo en la que priman los intereses propios de cada empresa, e incluso, en determinadas ocasiones, de los individuos que las representan.

En relación con los niveles de confianza entre todos los agentes implicados en el desarrollo del proyecto es importante señalar que la comunicación es un elemento esencial y clave para el establecimiento ya no solo de las distintas relaciones sino para poder compartir objetivos comunes y establecer líneas de trabajo para su consecución (Diallo et al. 2005).

En la figura 2 se detallan todas las relaciones, su naturaleza así como las líneas de comunicación derivadas de las mismas. Tal y como puede observarse, dada la naturaleza del proyecto desarrollado, su magnitud, alcance geográfico e importancia estratégica para el promotor (Universidad de Granada), la probabilidad de disfunciones en el proceso de

comunicación y por ende en las relaciones intra-agentes e inter-agentes, era realmente elevada.

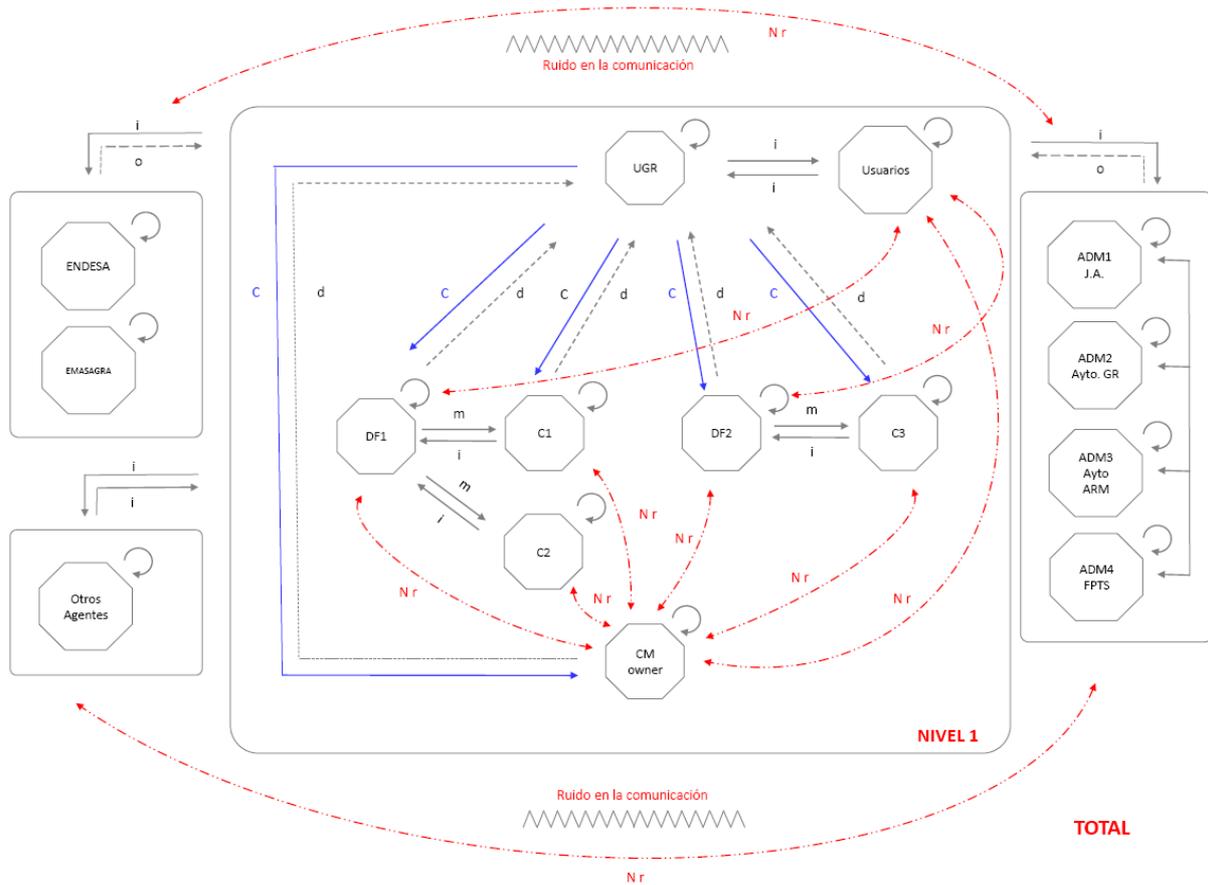


Figura 2: Agentes, relaciones y posibles comunicaciones en el proyecto del CUCS. Fuente: Elaboración propia. Leyenda: c: contrato; d: desarrolla; i: informa; o: obliga; Nr: No regulada; m: monitorea y controla.

El número de canales de información era realmente elevado, siendo muy diferentes su naturaleza y funcionamiento.

Atendiendo a la expresión  $N(N-1)/2$  (White et al, 2002), que determina el número de canales de comunicación en un proceso, en función del número de participantes (N), se puede llegar a cuantificar su número (véase tabla 2).

Tabla 2: Número de canales de comunicación en función del número de interlocutores

	Cantidad	Nº de Canales
Nivel 1 Instituciones / Empresas	8	28
Nivel 1 Interlocutores	35	595
Total Instituciones / Empresas	15	105
Total Interlocutores	50	1225

Es importante señalar la relación exponencial existente entre el número de interlocutores presentes y los canales de comunicación posibles, muchos de los cuales no tienen un marco

reglado de desarrollo y que por tanto pueden llegar a aportar poco al éxito del proyecto e incluso, en muchas ocasiones, lastrarlo.

De igual manera, durante el proceso de comunicación existía ruido que añadía complejidad al proceso. Este ruido procedía de:

- Agentes internos. La naturaleza del ruido respondía a la distracción y la falta de interés de quien recibe el mensaje, al exceso de información, información no necesaria y/o asimétrica e incluso por actitudes de los interlocutores que no tenían en cuenta los valores y actitudes de las otras partes (Domínguez, 2010).
- Agentes externos. Dada la naturaleza pública del proyecto, a lo largo del mismo han existido pronunciamientos, declaraciones e incluso noticias que, partiendo de personas o entes inicialmente no implicados en el proceso, sí terminaban afectándolo al llegar de alguna manera a los distintos agentes directamente implicados.

Dicha comunicación ha cambiado incluso el lenguaje base, partiendo de un enfoque técnico y de gestión y terminando claramente en escritos y comunicaciones de orientación jurídica que se anticipan a la posible falta de acuerdos y una solución de las diferencias vía judicial, dificultando, sin lugar a dudas, las posibilidades de entendimiento por la naturaleza específica del lenguaje empleado.

## 6. Conclusiones

Los proyectos de construcción son cada vez más ambiciosos, planteando retos tecnológicos y organizativos que en muchos de los casos pueden considerarse sistemas complejos, y que son necesarios gestionar desde una visión moderna de la dirección de proyectos.

La importancia de la dimensión social es evidente, debiéndose establecer los mecanismos adecuados y tomar las decisiones oportunas para su correcta gestión. La simplificación, siempre que no suponga una pérdida de información de concionantes del proyecto, es esencial para evitar que el grado de complejidad haga el proyecto inabordable.

En el caso de los proyectos de infraestructuras públicas es necesario mejorar las condiciones de gestión partiendo de la modificación del marco legal regulatorio, caracterizado por una rigidez extrema lo que es incompatible con una de las exigencias primarias en la gestión de la complejidad: la flexibilidad.

La existencia de relaciones entre partes no reguladas contractualmente dificulta enormemente los procesos de comunicación y de transferencia de información, actividad clave para el éxito del proyecto. Dicha falta de regulación se traduce en muchas circunstancias en transferencia de información asimétrica que responde a los intereses de las partes y no a los del propio proyecto. El desarrollo de nuevos marcos legales ha de centrarse en modelos de gestión de proyectos que incluyan relaciones de confianza, función directa de los niveles de riesgo e incertidumbre del proyecto.

Por último, es importante señalar la necesidad de llevar a cabo una evaluación de la complejidad del proyecto en las primeras etapas del ciclo de vida, previa a la implantación de cualquier modelo o sistema de gestión. Esta es la forma de conocer la complejidad inherente del proyecto, ya que cualquiera de los sistemas de gestión elegidos añade nuevos componentes a la complejidad social, la cual se ha mostrado determinante en el desarrollo de las sucesivas etapas del proyecto.

## 8. Referencias

- Aitken A. and Crawford L. (2007) *A study of project categorization base on project management complexity*. IRNOP VIII, Brighton, 2007.
- Baccarini, D. (1996). *The concept of project complexity a review*, International Journal of Project Management 14(4), 201-204.
- Bar-Yam, Y. (2003). *Unifying Themes in Complex Systems Volume II*. HarperCollins Canada / Westview S/Dis ISBN: 081334123X, number of pages: 644.
- Bawden, R. (2007). *Complexity - unruly and otherwise*. Perspectives in Biology and Medicine, 50(4), 614-624
- Ceric, A (2012), *Communication risk in construction projects: application of principal-agent theory*, Organization, Management and Technology an International Journal, 4(2), 522-533
- Chaos Manifesto 2013. The Standish Group, Boston, MA, 2013.
- Cicmil, S; Williams, T; Thomas, J.; Hodgson, D. (2006). *Rethinking Project Management: Researching the actuality of projects*. International Journal of Project Management, Volume 24, Issue 8, November, Pages 675-686.
- Construction Industry Institute (2012). *Performance Assessment 2012 Edition*. Construction Industry Institute. University of Texas at Austin, TX, 2012.
- Crawford L. (2013) *Competition, Comparison, Collaboration - Mapping a Pathway through Project Management Standards*. Procedia – Social and Behavioral Sciences. Vol.74, p.1-9. Doi: 10.1016/j.sbspro.2013.03.004.
- Dainty, A., Green, S. and Bagihole, B. (Eds.) (2007). *People and Culture in Construction: A Reader*, Oxon, Taylor & Francis.
- De Los Rios-Carmenado, I., Herrera-Reyes, A., Guillen-Torres, J..(2014). *Complexity In Project Management: Dimensions and frameworks at international level*. DYNA Management, 2(1). DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/MN7008>
- Diallo, A. and Thuillier, D. (2005) *The success of international development projects, trust and communication: an African perspective*. International Journal of Project Management, 23(3), 237-252.
- Dombkins, DH (2012). *Complex Project Manager Competency Standards Version 4.1*. Department of Defense, Australian Government. Commonwealth of Australia.
- Domínguez, I. (2010). *Comunicación y texto*. La Habana. Editorial Pueblo y Educación.
- Duncan, W. R. (2006) *Sifting With the CIFTER*. Disponible en <http://www.asapm.org/asapmag/articles/cifter.pdf>.
- Emmitt, S. and Gorse, C. A. (2003), *Construction Communication*, Oxford, Blackwell Publishing.
- Flyvbjerg, B., Skamris Holm, M.K. and Buhl, S.L. (2003). *How common and large are cost overruns in transport infrastructure projects?*. Transport Reviews Vol. 23, No.1, pp 71-88.
- GAPPS (2007) *A Framework for Performance Based Competency Standards for Global Level 1 and 2 Project Managers*. Sydney. Global Alliance for Project Performance Standards

- González, P., González, V., Molenaar, K., and Orozco, F. (2013). *Analysis of Causes of Delay and Time Performance in Construction Projects*. Journal of Construction Engineering and Management, 10.1061/(ASCE)
- Graafland, J. and Nijhof, A. (2007). *Transparency, market operation and trust in Dutch construction industry: an exploratory study*, Construction Management and Economics, 25(2), 195-205.
- Lehtiranta, L., Huovinen, P., Kiiras, J., Palojärvi, L., and Jansson, N. (2010). *Managing uncertainty, complexity, risk, and crisis in construction*. TKK Structural Engineering and Building Technology Publication TKK-R-BE7, Aalto University, Espoo, Finland.
- Leijten, M (2009). *Manageability of complex construction engineering projects: Dealing with uncertainty*. 2nd International Symposium on Engineering System. MIT, Cambridge, Massachusetts, June 15-17, 2009.
- Lewicki, R. J., Tomlinson, E. C. and Gillespie, N. (2006), *Models of interpersonal trust development: theoretical approaches, empirical evidence, and future directions*, Journal of Management, 32(6), 991-1022.
- Ogunlana S., Promkuntong K. & Vithool J. (1996). *Construction delays in a fast-growing growing economy*. International Journal of Project Management, 14 (1), pp. 37–45.
- Payne, JH (1995). *Management of multiple simultaneous projects: a state of the art review*. International Journal of Project Management, 1995. Vol.13 N°3, p. 163-168.
- Rousseau, D. M., Sitkin, S. B., Burt, R. S. and Camerer, C. (1998). *Not so different after all: a cross-discipline view on trust*, *Academy of Management Review*, 23(3), 393-404.
- Sambasivan, M. & Soon, Y.W. (2007), *Causes and Effects of Delays in Malaysian Construction Industry*, International Journal of Project management, Vol. 25, Issue 5, pp 517-526
- Senescu, R., Aranda-Mena, G., and Haymaker, J. (2013). *Relationships between Project Complexity and Communication*. J. Manage. Eng., 29(2), 183–197.
- Syed Azim, Andy Gale, Therese Lawlor-Wright, Richard Kirkham, Ali Khan, Mehmood Alam, (2010). *The importance of soft skills in complex projects*, International Journal of Managing Projects in Business, Vol. 3 Iss: 3, pp.387 - 401
- Van Eijnatten, F. M. (2004). *Chaos and complexity: an overview of the 'new science' in organization and management*. Rev. Sci. de Gestion Q. , 40 , 123–165.
- White, D., Fortune, J. (2002). *Current practice in project management — an empirical study*, International Journal of Project Management, Volume 20, Issue 1, January 2002, Pages 1-11, ISSN 0263-7863.
- Whitty, S.J., Maylor, H (2009). *And then came Complex Project Management (revised)*, International Journal of Project Management, Volume 27, Issue 3, April 2009, Pages 304-310, ISSN 0263-7863
- Winch, GM (2000). *The management of projects as a generic business process*. R. Lundin, F. Hartman (Eds.), *Projects as business constituents and guiding motives*, Kluwer (2000), pp. 117–130

Wong, E. S., Then, D. and Skitmore, M. (2000), *Antecedents of trust in intra-organizational relationships within three Singapore public sector construction project management agencies*, Construction Management and Economics, 18, 797-806.

Yinluo, W.(2008). *Contemporary Engineering Values and Engineering Education*. Journal of Xi'an Jiaotong University, 28, pp. 6-8.

