

# NIVEL DE *COMPLEXITY* EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS COMPLEJOS EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN COLOMBIA

Barreda-Ramírez, Concepción<sup>1</sup>; Rueda-Varón, Milton<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingenierías, Universidad EAN.

Cbarred56777@universidadean.edu.co

Mramon.d@universidadean.edu.co

## 1. INTRODUCCIÓN

Los proyectos son cada vez más complejos a razón de comportamientos, y características emergentes inesperadas, que se han convertido en factores importantes en el fracaso de los mismos. (Bakhshi, Ireland & Gorod., 2016). Por ello no es de extrañar que el interés en estudiar el nivel de *complexity* de los proyectos se encuentre en aumento.

La gestión clásica de los proyectos, aunque se adhiere a un enfoque de planificación y control, descuida la distinción fundamental entre riesgo e incertidumbre, o lo inesperado. Lo inesperado no se puede planificar, pero las organizaciones y los gerentes, pueden prepararse para afrontarlo, lo que requiere un equilibrio entre la estructura y la autoorganización en planificación, comunicación, jerarquía y cultura organizacional. (Palma Vilalta & Meza, 2020). Conocer el nivel de complejidad de los proyectos ayuda a proporcionar la dirección apropiada para ellos.

Un alto volumen de estudios de la literatura científica vincula los proyectos complejos a todas las áreas del conocimiento. El sector

educativo no es la excepción, un ejemplo es el proyecto que identificó los factores de evaluación y gestión organizacional de la complejidad de proyectos con profesionales del sector educativo en la administración pública brasileña, en donde participaron 536 encuestados. Allí se concluyó que, a medida que aumenta la experiencia, la percepción para comprender la complejidad (confianza y capacidad) inherente a los proyectos, interfiere en la familiaridad con la actividad más no en la metodología. A partir de ese resultado, se reconoce la necesidad de que los gerentes de proyectos, que trabajan en el área pública, estén atentos al aspecto sociopolítico, pues presupone la combinación de lo político y emocional de los involucrados en los proyectos. (Pinochet, Pardin & Desouza, 2019),

En Colombia, los proyectos son iniciativas del Ministerio de Educación, dirigidas a las Entidades Territoriales, las Secretarías de Educación y las Instituciones de Educación Superior Públicas, para garantizar la ampliación de la cobertura y el mejoramiento de la calidad de la educación, así como la eficiencia del sector educativo. El Ministerio de Educación Nacional considera las etapas de planeación, formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de estos proyectos que buscan contribuir al cumplimiento de las metas definidas, a través de las políticas educativas del Plan Nacional de Desarrollo. La Oficina Asesora de Planeación y los gerentes de los proyectos son los responsables de este servicio. (Ministerio de Educación Colombia, 2020).

Más allá de las directrices nacionales, las instituciones de educación superior (IES), para el cumplimiento de su misión y visión, diseñan y ejecutan proyectos complejos. Lo que, depende de su capacidad respecto a instalaciones, recursos y redes de cooperación interinstitucional, en conjunto con comunidades nacionales o internacionales y/o entes departamentales y Municipales. Bajo ese prospecto, el nivel de complejidad de los proyectos, por sus muchos involucrados, interdependencia entre proyectos, difícil comprensión y bajo nivel de predicción, información compleja, convierte a las IES en el objeto de estudio de esta investigación que se desarrollará en los siguientes apartes:

- Primero, se realizó un diagnóstico del nivel de *complexity* de los proyectos. Para lo cual, se adelantó una revisión bibliográfica de publicaciones científicas en diferentes bases de datos como

scopus y web of ciencia (WOS), además de publicaciones especializadas en complex Project management, y referentes teóricos con estándares nacionales e internacionales en *complexity* de proyectos aplicados, como base para la fundamentación teórica.

- Segundo, se expuso el marco metodológico aplicado, mediante el instrumento “cuestionario” a la muestra determinada IES del contexto nacional para la medición del nivel de *complexity* de los proyectos.
- Tercero, se realizó un estudio estadístico descriptivo de los resultados, para generar un análisis de la información obtenida, un apartado de discusión, uno de conclusiones y, finalmente, las referencias del estudio. Ello con el objetivo de dar respuesta a los objetivos planteados, con el propósito de establecer un antecedente, y base teórica-práctica, para el diseño de nuevas investigaciones en una muestra representativa de las IES de Colombia.

## 1.1 Objetivo general

Determinar el nivel de *complexity* de los proyectos del sector educativo, tomando como base información primaria obtenida de las instituciones de educación superior (IES) en Colombia.

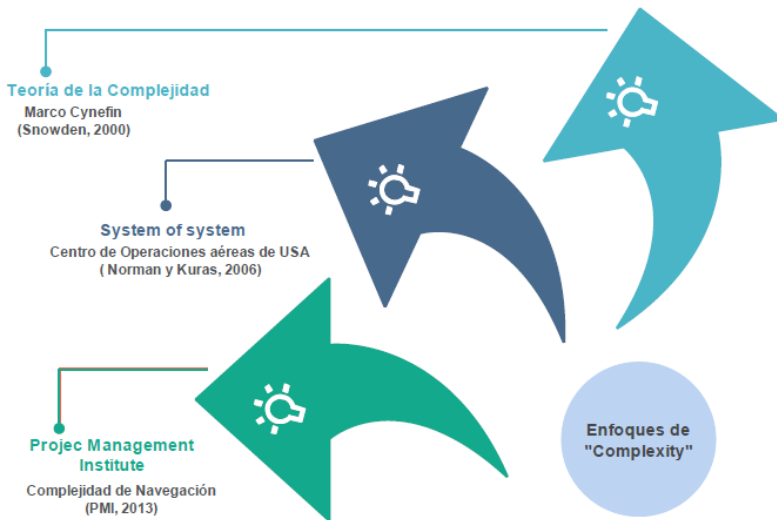
## 1.2 Objetivos específicos:

- Realizar un análisis de referencias bibliográficas científicas, publicaciones especializadas en complex projects management, y referentes teóricos con estándares nacionales e internacionales en proyectos complejos.
- Elaborar la fundamentación teórica y soporte de niveles de *complexity* en proyectos complejos del sector educativo en las IES.
- Desarrollar el trabajo de campo propuesto para obtener información primaria sobre niveles de *complexity* en proyectos complejos del sector educativo en las IES.

Presentar el análisis estadístico que evidencia niveles de *complexity* en proyectos complejos del sector educativo en las IES.

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Partiendo de revisión sistemática de literatura científica de los Ríos-Carmenado, Guillén-Torres y Herrera-Reyes (2013), se conceptualiza la *complexity* en dirección de proyectos desde diferentes dimensiones y evolución del término. Igualmente, se describen los enfoques teóricos identificados en Bakhshi, et al (2016), que determinan la existencia de tres modelos o escuelas de pensamiento en la literatura, distintivos de la complejidad de los proyectos: teoría de la complejidad, System of System and Project Management institute.



**Fig. 1:** Enfoques de pensamiento de *complexity*.

*Fuente: Elaboración propia*

### 2.1 Teoría de la complejidad

#### 2.1.1 Orígenes

Los orígenes de la complejidad en la gestión de proyectos son parte de la teoría de la complejidad que surgió en los años 1990 (Strogatz, 2004) y se aplica en múltiples disciplinas en un intento de resolver problemas complejos (Ziemelis & Allen, 2001). Solo hasta 1995 se evidencia la asociación de los proyectos y la complejidad (Payne, 1995). El término *complexity* se establece como una conexión entre la condición de un

sistema complejo y la comprensión del mismo (Bar-Yam, 2003), a partir de estos trabajos es que Baccarini (1996), analiza las diferentes dimensiones de la complejidad teniendo en cuenta dos criterios: la interacción entre las partes involucradas y lo difuso y desconocido. Posteriormente, aparece una de las primeras aplicaciones prácticas de la teoría de la complejidad a la ciencia de la gestión de proyectos: el “Marco Cynefin” introducido en 1999 por David Snowden (2000). En el año 2006 la gestión de proyectos se agrega a la lista de disciplinas relacionadas con la teoría de la complejidad (Whitty & Maylor, 2009). Actualmente, la complejidad se concibe como otra característica del proyecto.

### 2.1.2 *Clasificación y análisis de la complejidad*

La literatura científica clasifica la complejidad según revisión como sigue:

- Tamaño e incertidumbre de proyectos (Bubshait & Selen, 1992; Kähkönen, 2008).
- La interrelación e interdependencia entre las partes del proyecto (Baccarini, 1996; Belout & Gauvreau, 2004; Darshan et al., 2020).
- La dificultad depende de los requisitos de habilidad, ritmo, urgencia de resultados (Payne, 1995) e interacción con el contexto (Geraldini & Adlbrecht, 2006).

### 2.1.3 *Dimensiones de la complejidad de proyectos*

Los autores Pryke & Smyth (2006), presentan en revisión la bibliográfica realizada, las dimensiones de la complejidad de proyectos.

- Técnica o complejidad tecnológica (Shenhar & Dvir, 2007) o Complejidad organizacional (Baccarini, 1996) a partir de la diferenciación e interdependencia entre elementos operativos de la organización.
- Contextual o Complejidad de incertidumbre (Williams, 1999) y agrega complejidad estructural, refiriéndose a la estructura subyacente del proyecto.

- Complejidad social (Girmscheid & Brockmann, 2008), que combina la ciencia, ingeniería y tecnología con sociedad, economía y cultura (Yingluo, 2008).

## 2.2 System of System

El enfoque de sistemas ha sido base para los demás, pues son “sistemas integrados a gran escala, heterogéneos y operables independientemente por sí mismos, pero están conectados en red para un objetivo común” (Jamshidi, 2008). Un ejemplo claro es el Centro de Operaciones Aéreas en los EE. UU., que cuenta con 80 sistemas autónomos e independientes, en los que los sistemas dentro del System of system, aún cumplen su función original para el sistema para el que fueron diseñados originalmente (Norman, D.O., Kuras, 2006). Su complejidad es explicada por Maier (1998) en términos de características, como la interdependencia operativa y administrativa de los elementos, el desarrollo evolutivo, el comportamiento emergente y la distribución geográfica. La autonomía, la independencia, la pertenencia, la conectividad, la diversidad y el surgimiento son fundamentos y características de los System of system que han sido considerados por muchos investigadores. (Bakhshi et al., 2016).

## 2.3 Project Management Institute

A partir de la revisión sistemática de literatura científica realizada por Bakhshi et al. (2016), la complejidad estructural y la complejidad del proyecto pueden inferirse en función de la integridad de la comunicación, la coordinación y el control (Baccarini, 1996). Igualmente, la incertidumbre de los objetivos y los métodos para lograr los resultados del proyecto se consideran factores importantes que contribuyen a la complejidad de un Proyecto (Turner & Cochrane, 1993). Después de esto, se pueden incluir numerosos estudios centrados en la complejidad estructural y los aspectos de incertidumbre en la perspectiva PMI que presenta una nueva descripción de la complejidad del proyecto que se basa en los dos factores de dos incertidumbres estructurales:

- El número de actividades y las interdependencias de los elementos.
- La incertidumbre de los objetivos y los métodos.

Según Bakhshi et al. (2016), en general, la mayoría de los investigadores que tienden hacia la perspectiva de PMI enfatizan en la complejidad estructural, la incertidumbre y los elementos sociopolíticos, en lugar de otras dimensiones de complejidad (Gerald et al., 2011). El PMI publicó un informe en profundidad, “Complejidad de navegación”, que indica dos características clave de la complejidad del Proyecto:

- Múltiples interesados
- Ambigüedad

Una de las definiciones de proyectos complejos que más se utiliza es: “Los proyectos complejos se caracterizan por el grado de desorden, inestabilidad, surgimiento, no linealidad, recursividad, incertidumbre, irregularidad, y aleatoriedad, y complejidad dinámica donde las partes de un sistema pueden reaccionar / interactuar entre sí en diferentes formas” (ICCPM, 2012, p. 22). Igualmente, el PMI (2014), define la complejidad como una de las características del proyecto y, dependiendo de sus componentes, lo categorizan en tres niveles: 1) Complejidad baja o estándar para la gestión de proyectos tradicionales o para el desarrollo de un solo proyecto, 2) Complejidad media para gestión de programas o para la ejecución de varios proyectos y 3) complejidad alta para la gestión de portafolio o dirección de varios programas. Este enfoque ha sido mantenido por un gran número de investigadores, y también se toma como base en esta investigación para el diseño del modelo que permita determinar el nivel de complejidad de la gestión de los proyectos en el sector educativos. Específicamente, en las entidades de educación superior-IES. En la Tabla 1., se relaciona conceptos y características de la *complexity* que son sustento teórico de la investigación.

## 2.4 Componentes de un modelo de gestión de proyectos complejos

Hoy en día, ante un mundo tan complejo y globalizado, es necesario utilizar todas las herramientas que instituciones como PMI generan a través de la experiencia, el mejoramiento continuo y la aplicación de modelos exitosos en las organizaciones, con el fin de alcanzar los objetivos planteados por las organizaciones.

En la Figura 2., se observa el modelo integrado de gerencia de proyectos complejos de (Rincón-González, 2019a.) que integra todas las

herramientas para la conformación de un modelo que facilite la gestión de la complejidad en las organizaciones.



**Fig. 2:** Modelo Integrado de GDPC.

*Fuente: (Rincón-González, 2014); (Rincón-González, 2015); (Rincón-González, 2016); (Rincón-González, 2017a); (Rincón-González, 2017b); (Rincón-González, 2018a); (Rincón-González, 2018b); (Rincón-González, 2018c); (Rincón-González, 2019a); (Rincón-González, 2019b); (Rincón-González, 2020a); (Rincón-González, 2020b); (Rincón-González, 2020c)*

En este modelo de Rincón-González (2014), se exponen todos los estándares de navegación compleja, Pmbok, PMI ICCPM y la gestión de multiproyectos. A partir de ellas se determinan las competencias que se requieren medir en el modelo en construcción. Son muchos los factores que influyen en la complejidad de los proyectos, y muchos investigadores han definido diversas formas de clasificarlos. En este caso, se clasifica la complejidad de los proyectos sobre la base de las áreas de conocimiento del PMBOK, que se detallan (Anyosa Soca, 2008) como los factores



que determinan la complejidad en la integración, alcance, tiempo, costo, calidad, recursos humanos, comunicaciones, riesgos y obtención de recursos.



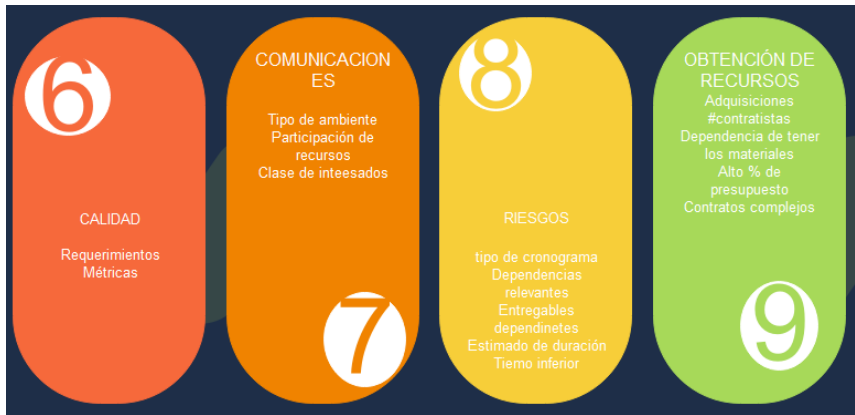
**Fig. 3:** Factores determinantes de la complejidad.

*Fuente: Elaboraci3n propia a partir de (Anyosa-Soca, 2008); (Rinc3n-Gonz3lez, 2014)*



**Fig. 4:** Factores determinantes de complejidad para el Sector Educativo

*Fuente: Elaboraci3n propia a partir de (Anyosa-Soca, 2008); (Rinc3n-Gonz3lez, 2014)*



**Fig. 5:** Factores determinantes de complejidad para el Sector Educativo

*Fuente: Elaboración propia a partir de (Anyosa-Soca, 2008); (Rincón-González, 2014)*

## 2.5 Los proyectos complejos de las Instituciones de Educación Superior en Colombia

En Colombia, a marzo de 2020, existen de manera legal y reconocidas 302 Instituciones de Educación superior (IES). De ellas, 66 IES se encuentran acreditadas, y el resto en proceso de acreditación. Situación que las enfoca a alcanzar dicho reconocimiento, debido a la aspiración de una mayor calidad y posicionamiento entre las IES, que en consecuencia, también mejoría sus ingresos (Toscano López, 2020).

En las Instituciones de educación superior los proyectos complejos no han sido dimensionados, las IES desarrollan proyectos que implican algunos factores de complejidad ya identificados, y que representan una de sus mayores oportunidades a solucionar. Según investigación realizada por Cardona-Mejía, Pardo del Val, Dasi-Coscollar (2020), las oportunidades del sector se reflejan en aspectos como: educación inclusiva, acceso y equidad, calidad y pertinencia, Investigación, ciencia, tecnología e innovación, regionalización, articulación de la educación media con la educación superior, articulación de la educación media con la educación superior, bienestar de la comunidad, nuevas modalidades educativas, Internacionalización, Estructura y gobernanza del sistema, y sostenibilidad financiera del sistema. Las ya mencionadas son direccionadas normativamente desde el nivel central, es decir, el Ministerio de Educación. Sin embargo, a nivel nacional, local y regional las IES

desarrollan proyectos que por sus características son catalogados como complejos, sobre los cuales se centra la investigación.

Los proyectos factibles a ser catalogados como complejos en las IES, son los que actualmente se desarrollan de manera conjunta con entes nacionales e internacionales, según el Ministerio de Educación son los de “cierre de brechas” que incluyen: alianzas rurales de educación y desarrollo, planes de fomento a la calidad, regionalización y flexibilidad de oferta de educación superior, educación superior inclusiva e intercultural, fortalecimiento de la educación técnica, profesional y tecnológica, fortalecimiento de la financiación de la educación superior, promoción y permanencia en el sistema de educación superior; así como los proyectos de innovación, pertinencia y de fortalecimiento de la eficiencia y transparencia de la gestión. En esta investigación se espera indagar sobre los proyectos que desarrollan para determinar el nivel de *complexity* que manejan.

## 2.6 Revisión de literatura

La revisión de literatura se realizó bajo el siguiente proceso:

- Inició con la identificación de palabras claves para el estudio como “complex project” en inglés y en español “proyecto complejo”.
- Se continuó con la configuración de la búsqueda utilizando el lenguaje booleano (“complex project” OR “proyecto complejo”).
- Se realizó la búsqueda en todas las bases de datos con el buscador EBSCO. Las bases de datos en las cuales se buscó son las expuestas a continuación:

ERIC, Regional Business News, Religi and Philosophy Collection, Philosophy and Behavioral Sciences Colletion, Newspaper Source, Fuente Académica, Business Source Permier, MasterFILE, Premier, Legal Colleccion, MEDLINE, Library, information Science & Tecnhnology Abstracts, Academic, Search Complete, GreenFILE, APA PscArticles, APA PscBooks, Arts & Humanities Citation Index, Science Citation Index, Social Sciences Citation Index, SicenceDirect,

OAster, arXiv, eBook Collection (EBSCOhost), General Science Full Tex (H W Wilson), Newswresm, Dialnet Plus, SAGE, knowledge, Multilegis Publicaciones Actualizables, Emerald Insight entre otras.

- La búsqueda arrojó 16.400 resultados, los cuales fueron depurados según los siguientes criterios:
  - Años de búsqueda de 1990 a 2020. Ello sin olvidar el inicio de la escritura científica de proyectos complejos en los años 90, lo que depura la búsqueda hasta 8.400 resultados.
- De igual forma, se seleccionaron únicamente las revistas, libros y ponencias de conferencias y publicaciones académicas, lo que reduce a 5.200 publicaciones.
- A continuación, se procede a filtrar por *project management* y *complexity*, quedando un listado de 687 resultados. La base se revisó por títulos y resumen para dejar solo los artículos que aportan a la investigación, dejando finalmente un listado de 80 referencias que fueron revisadas y leídas, para incluir en el texto de la fundamentación teórica un total de 31 publicaciones. En la Figura 6., se muestra los autores que más han escrito del tema en los últimos años reportados en SCOPUS y, por otro lado, se reportan los autores clásicos de proyectos complejos seleccionados dentro de las demás bases de datos.

Nombre del autor		Autores desde 1990	
<input type="checkbox"/> Marle, F.	(13) >	Baccarini	(1996)
<input type="checkbox"/> Broos, PS	(12) >	Turner	(1993)
<input type="checkbox"/> Skibniewski, MJ	(12) >	Williams	(1999)
<input type="checkbox"/> Townsley, LK	(12) >	Writty	(2009)
<input type="checkbox"/> Zhang, L.	(11) >	Yinaluo	(2008)

**Fig. 6:** Autores modernos y clásicos del *complex management*  
Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos científicas

A continuación, se presentan los autores seleccionados de la búsqueda y su aporte a la investigación

Tabla 1. Autores seleccionados de bases de datos y su aporte a la Investigación de la *complexity* en las Instituciones de Educación Superior

Autor y título	Concepto teórico
Baccarini, D. (1996). The Concept Of Project Complexity –A Review. International Journal of Project Management. 201-204.	Aporta la investigación, definición y concepto de la complejidad. Es de los primeros en escribir literatura científica sobre proyectos complejos.
Bubshait, K. A., & Selen, W. J. (1992). Project Characteristics that Influence the Implementation of Project Management Techniques: A Survey. Project Management Journal, XXIII(2), 43-47.	Conceptualiza la gestión de proyectos y sus procesos.
Bakhshi, J., Ireland, V., & Gorod, A. (2016). Clarifying the project complexity construct: Past, present and future. International Journal of Project Management, 34(7), 1199–1213. <a href="http://10.0.3.248/j.ijproman.2016.06.002">http://10.0.3.248/j.ijproman.2016.06.002</a>	Explican las complejidades, su relación y necesidad.

Autor y título	Concepto teórico
<p>Geraldi, J. G., &amp; Adlbrecht, G. (2006). Unravelling Complexities in Engineering Projects. In Proceedings Paper of EuroMOT</p> <p>Bar-Yam, Y. (2003). Dinámica de sistemas complejos: studies in nonlinearity. Boulder: Ed. Westview Press</p>	<p>Los autores relacionados también aportan al significado de la complejidad e identifican las tres vertientes de esta.</p>
<p>Belout, A., &amp; Gauvreau, C. (2004). Factors Influencing Project Success: the Impact of Human Resource Management. International . Journal of Project Management, 22(1), 1-11.</p>	<p>Los autores relacionados también aportan al significado de la complejidad e identifican sus tres vertientes.</p>
<p>Bubshait, K. A., &amp; Selen, W. J. (1992). Project Characteristics that Influence the Implementation of Project Management Techniques: A Survey. Project Management Journal, XXIII(2), 43-47.</p>	<p>Los autores relacionados aportan al significado de la complejidad e identifican sus tres vertientes. Aclaran conceptos de complejidad, complementan y explican detalladamente.</p>
<p>Darshan, H. O., Pooja, I., Gaurav, J., &amp; Nikhil, J. (2020). Portable Digital Remote Labs Designed for the Students Using Inexpensive Hardware and Open Source Prototyping. In Lecture Notes in Networks and Systems (Vol. 80, pp. 217–228). Springer. <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-23162-0_20">https://doi.org/10.1007/978-3-030-23162-0_20</a></p>	<p>Presentan la complejidad en proyectos de ingeniería, aportan los conceptos y el manejo según la disciplina, y establecen diferencias.</p>
<p>Geraldi, J. G., Maylor, H., &amp; T, W. (2011). Now, let s make it really complex (complicated): a systematic review of the complexitics of projects.</p>	<p>Los autores aportan a la investigación la explicación, descomposición y ejemplos de los componentes de la <i>complexity</i>.</p>
<p>Birmingham, Reino Unido. International Project Management Association, 29, 22-26. September).</p>	<p>Explicación, descomposición y ejemplos de los componentes de la <i>complexity</i>.</p>
<p>Girmscheid, C., &amp; Brockmann, G. (2008). <i>The Inherent Complexity of Large Scale Engineering Projects</i>. International Project Management Association, 29, 22-26</p>	<p>Los autores relacionados caracterizan el enfoque sistémico de la complejidad, realizan comparaciones y dejan claro las diferencias y la relación con la complejidad de los sistemas. Asimismo, aportan los conceptos, la relación y el complemento que se dan para el manejo de proyectos complejos</p>

Autor y título	Concepto teórico
De los Ríos-Carmenado, I., Guillén-Torres, J., & Herrera-Reyes, A. T. (2013). <i>Complexity in the Management of Rural Development Projects: Case of LASESA (Spain)*</i> .	Realiza una exhaustiva revisión de literatura, inicia con los pioneros del tema proyectos complejos.  Los autores también aportan al significado de la complejidad e identifican sus tres vertientes.
Cardona Mejía, L., Pardo del Val, M., & Dasí Coscollar, A. (2020). <i>El cambio organizativo en la educación superior en Colombia: Perspectivas y retos</i>	Relacionan algunos antecedentes del sector educativo, al cual va dirigida la investigación.
Rincón-González, C. H. (2014). “Las oficinas de gerencia de proyectos: un impulsador del desempeño organizacional”. <i>Investigación en Administración y Redes Globales de Conocimiento – ISBN: 978-958-772-238-3. Cali, Colombia.</i>	Conceptualiza los proyectos, la gestión de proyectos, las oficinas de proyectos, la importancia en la organización, la base del manejo de los proyectos tradicionales y el paso al manejo de los proyectos complejos.
Anyosa Soca, V. (2008). <i>Simplificando la complejidad de los proyectos: más allá de comerse al elefante en pedacitos / Simplifying project complexity: beyond eating the elephant in small pieces.</i> Paper presented at PMI® Global Congress 2008. Latin America, São Paulo, Brazil. Newtown.	El autor presenta una propuesta para simplificar la complejidad y explica sus dimensiones. Se toma como referente teórico el modelo que desarrolló para la fusión de dos bancos, un proyecto de gran complejidad.

También, se revisó la literatura en libros y documentos fundamentados, y especializados, en solucionar las condiciones de la gestión de los proyectos complejos, como los libros del Project management institute (PMI, 2014, 2017b, 2017a, 2017d). Los cuales, forman parte de los cimientos de la complejidad. Así mismo, se caracteriza un libro de International Centre for Complex Project Management (ICCPM, 2012), más un artículo de Gestión de Proyectos Complejos en Entornos de Multiproyecto (Hagan, Bower, & Smith, 2011), que hacen parte de la estructura de la complejidad y que son necesarios para el manejo del modelo integrado de la gestión de los proyectos complejos (Rincón-González, 2019).

Igualmente, se consultaron artículos de investigación estudiados como referencia del curso gestión de proyectos complejos de: (Rincón-González, 2015); (Rincón-González, 2016); (Rincón-González, 2017a);

(Rincón-González, 2017b); (Rincón-González, 2018a); (Rincón-González, 2018b); (Rincón-González, 2018c); (Malmberg et al., 2019); (Rincón-González, 2019b); (Rincón-González, 2020a); (Rincón-González, 2020b); (Rincón-González, 2020c). Los cuales son de gran importancia para el desarrollo de esta investigación.

Dichas fuentes determinaron la siguiente relación de elementos, con los cuales se espera valorar los proyectos e identificar temas relevantes donde la *complexity* puede generar situaciones críticas. Los elementos corresponden con las dimensiones técnicas y contextuales de los proyectos complejos. Ellos se relacionan en la Tabla 2., y permiten determinar el nivel de *complexity* de la dirección de proyectos en las IES.

Tabla 2. Valoración de elementos para determinar el nivel de *complexity* en proyectos de IES de Colombia

Dimensiones de Complexity	Elementos a valorar			
Integración	Productos y servicios que ofrece el proyecto y su cobertura.	Entorno del proyecto, alta variedad de tareas, interdependencia e incertidumbre.	Dificultad para determinar los beneficios del proyecto y justificarlo.	Dificultad de integración de las áreas disciplinas o especialidades del proyecto.
Alcance	Áreas, módulos y elementos de trabajo que alcanza el proyecto.	Dificultad para definir los requerimientos del proyecto.	El alcance involucra muchas especialidades: procesos de negocios, trabajo civil, mecánico, eléctrico, instrumentación, seguridad, medio ambiente y comunidad.	Nivel de cambios de requerimientos durante el desarrollo del proyecto. Hay estabilidad.
Tiempo	El cronograma del proyecto involucra paquetes de trabajo de diversas especialidades o tipos de trabajo.	Existen dependencias relevantes respecto de otros proyectos.	Los entregables del proyecto son dependientes unos de otros, lo que genera cambios en la ruta crítica ante mínimos retrasos.	Dificultad para obtener estimados de duración. Pocos estimados históricos de referencia.
Costos	Dificultad para obtener estimados de costo.	Amplia volatilidad de los costos en términos de escasez, inflación, depreciación, moneda.	El proyecto tiene, o no, financiación suficiente.	Existe dificultad para planificar el flujo de caja del proyecto y cumplirlo.
Calidad	El proyecto requiere implementación de métricas no flexibles.	El proyecto requiere la preparación de ambientes especiales con equipamiento especial.	El proyecto requiere innovación, tecnología, creatividad.	



Dimensiones de Complexity	Elementos a valorar			
Recursos humanos	Estilos de liderazgos, cantidad, tipo de delegación y procesos de los proyectos, así como toma de decisiones.	La organización del proyecto es de tipo matricial, y ciertos recursos claves son compartidos con otros proyectos.	El proyecto requiere alto número de participantes, alto nivel de compromiso y multidisciplinariedad de los interesados para realizarlo.	El proyecto requiere competencias técnicas especializadas, como hay escasez de estos recursos, se hace difícil el reclutamiento.
Comunicaciones	El ambiente de trabajo es interactivo, dependiente, y de excelente y permanente comunicación. Ello sin olvidar el contexto social y cultural.	Implica la participación de recursos clave, que se encuentran en diferentes países con marcadas diferencias horarias, culturales y de idiomas.	Existe una alta influencia y poder de interesados externos al proyecto: comunidades, políticos, ONGs, Alcaldías, Departamentos, otro tipo de entidad territorial.	Alto nivel de dificultad en la toma de decisiones a lo largo del proyecto por dificultades para lograr consenso, o por expectativas de los interesados.
Riesgos y oportunidades	Riesgos asociados a nuevas tecnologías y complejidad del alcance del proyecto.	Riesgos del cliente y/o usuarios: falta de experiencia, pobre definición de requerimientos, cambios continuos.	Riesgos de seguridad, medio ambiente o licencias.	El entorno del proyecto fomenta la aparición de riesgos inesperados y difíciles de predecir que ponen en riesgo el portafolio.
Recursos y adquisiciones	Gran número de contratos y/o adquisiciones.	Escasez de contratistas con experiencia (técnicas), solidez empresarial y alto porcentaje presupuesto destinado del proyecto.	Dependencia en obtención de materiales por baja oferta o importación.	Contratos complejos que fomentan la aparición de reclamos continuos.

Fuente: *Elaboración propia a partir de (Anyosa Soca, 2008); PMI (2014); ICCPM (2012), (Rincón-González, 2014); (Rincón-González, 2019a)*

### 3. MARCO METODOLÓGICO

El enfoque de la investigación que se realizó a las Instituciones de Educación Superior -IES en Colombia- es de tipo cuantitativo, por lo que implica un proceso sistemático y metódico para generar conocimiento. Es exploratorio, y no ha sido suficientemente estudiado, ni aplicado, a las IES, no se encontró en la revisión de literatura una investigación que determine un modelo del nivel de proyectos complejos en las IES.

La investigación desarrollada es descriptiva y parte de recopilar, sistematizar y analizar información que indaga alrededor de las variables determinadas sobre estudios de proyectos en las IES, y el nivel de complejidad de los mismos. También, la investigación es de tipo correlacional, ya que se realizó análisis estadísticos de interrelación entre las variables y la influencia mutua como base para la configuración del modelo.

El proceso metodológico inicia con la revisión de la literatura científica ya relacionada en la fundamentación teórica. Se realiza la prueba piloto para validación del instrumento y se continúa con la aplicación del mismo en el trabajo de campo. Posteriormente, se desarrolla un análisis estadístico que sirve de base para la configuración del modelo y, finalmente, se documentan los resultados de la investigación, como se muestra en la Figura 5.



**Fig. 7:** Marco Metodológico

*Fuente:* Elaboración propia con información de Rincón (2020)

### 3.1 Diseño del instrumento

El instrumento consta de 31 preguntas que fueron planteadas de acuerdo a la fundamentación teórica aportada por todos los autores que se relacionan en el estudio. De acuerdo al análisis, se dividen en 9 dimensiones de complejidad: 1) integración de proyectos, 2) Alcance del proyecto, 3) tiempo del proyecto, 4) costos del proyecto, 5) Calidad del proyecto, 6) Recursos humanos, 7) Comunicaciones del proyecto, 8) Riesgos del Proyecto y 9) Recursos y adquisiciones.

Las preguntas fueron planteadas con escala Likert con cinco opciones de respuesta: 1) bajo, 2) moderado, 3) Alto, 4) Extremo y 5) Caótico. Dicha clasificación se elabora con base a la categorización de proyectos (PCAT) en ICCPM (2012, p. 8), que determina como PCAT

(tipos 5 y 4) para proyectos tradicionales, PCAT (tipo 3) para proyectos complicados y PCAT (1 y 2) para proyectos complejos.

El cuestionario se aplica al personal de staff directivo o administrativo, de investigación o planeación, que tenga conocimiento de los proyectos y programas de la Institución de Educación Superior IES.

Como se mencionó anteriormente, y teniendo en cuenta la fundamentación teórica previa, se proponen las preguntas que apuntan al cumplimiento de los objetivos, indagando en los nueve (9) factores de la complejidad definidos o dimensiones de la complejidad. A continuación, en la Tabla 3., se diseñan las preguntas propuestas para el instrumento de investigación.

Tabla 3. Diseño del instrumento encuesta para las IES

Dimensiones de <i>complexity</i>	Preguntas propuestas para cada dimensión	
<b>Integración</b>	1	La cantidad de productos y/o servicios que ofrecen los proyectos complejos de la IES.
	2	Nivel de incertidumbre, interdependencia y multiplicidad de los proyectos complejos de la IES.
	3	Dificultad de integración entre áreas, disciplinas y especialidades en el proyecto complejo de IES.
<b>Alcance</b>	4	El alcance del proyecto es amplio con muchas áreas, módulos, elementos de trabajo.
	5	Dificultad para definir los requerimientos del proyecto complejo.
	6	El alcance implica muchos subsistemas con diferentes especificidades.
	7	Nivel de cambios de requerimientos durante el desarrollo del proyecto complejo.
<b>Tiempo</b>	8	El cronograma incluye paquetes de trabajo de diferentes especialidades y rendimientos.
	9	Dependencia relevante de otros proyectos que afecta la ruta crítica del proyecto.
	10	Entregables del proyecto con dependencia respecto a otro que puede afectar la ruta crítica trazada (afectación ante mínimos retrasos)
	11	Dificultad para obtener tiempo estimado de duración.
	12	Dependencia de los entregables del proyecto y ruta crítica en riesgo.
	13	Tiempo inferior al necesario para ejecutar el proyecto.

<b>Dimensiones de complexity</b>	<b>Preguntas propuestas para cada dimensión</b>	
<b>Costos</b>	14	Dificultad para obtener estimados de costos.
	15	Volatilidad de los costos amplia (inflación, depreciación de moneda).
	16	Financiación del proyecto.
	17	Dificultad para planificar el flujo de caja del proyecto complejo.
<b>Calidad</b>	18	Requerimientos de calidad del producto y entregables muy exigentes.
<b>Recursos Humanos</b>	19	Alto número de participantes claves y multidisciplinarias.
	20	Recursos claves del proyecto compartidos con otros proyectos.
<b>Comunicaciones</b>	21	Ambiente de trabajo interactivo y dependiente.
	22	Fuerte influencia y poder de los interesados externos sobre el proyecto complejo.
	23	Alto nivel de dificultad en toma de decisiones.
<b>Riesgos y Oportunidades</b>	24	Riesgos asociados a nueva tecnología y complejidad del alcance del proyecto.
	25	Riesgo del cliente o del usuario.
	26	Riesgo de contratistas y proveedores.
	27	Riesgos de recursos humanos del proyecto.
<b>Recursos y Adquisiciones</b>	28	Gran número de contratos y/o adquisiciones.
	29	Escasez de contratistas con experiencia mínima.
	30	Dependencia en la obtención de materiales.
	31	Porcentaje de recurso involucrado.

*Fuente: Elaboración propia a partir de (Anyosa Soca, 2008); PMI (2014); ICCPM (2012), (Rincón-González, 2014); (Rincón-González, 2019a)*

La población para la investigación se compuso por todas las Instituciones de Educación Superior en Colombia, que equivalen a 302 Instituciones. Del total, se definió una muestra probabilística a la cual se le aplicó el instrumento. Para la determinación de la muestra se utilizó el cálculo con corrección de finitud, Cervantes (2005), que es totalmente válido en cada una de las tres opciones que se muestran en la Figura 6.

MUESTRA CON CORRECCION POR FINITUD				
		Confianza		
		90%	95%	99%
		1,64	1,96	2,57
Error	1%	289	293	297
	5%	142	169	207
	10%	55	73	107

**Fig. 8:** cálculo de la muestra con corrección por finito  
*Fuente: Elaboración propia a partir de Cervantes (2005)*

Para esta investigación se toma un nivel de confianza del 90%, con un margen de error máximo admisible del 10%, equivalente a 55 Universidades cuya información se recolecta de manera directa. Se seleccionan personas idóneas y que conozcan los datos reales de su Institución para garantizar su diligenciamiento adecuado. Las preguntas propuestas fueron procesadas en un formulario de Google drive que se comparte a las direcciones de correo, y cuya información fue procesada mediante los programas SPSS y R.

### 3.2 Prueba piloto y Validación del instrumento

Según se indicó en la metodología, se realizó la prueba piloto diferenciable de la muestra definitiva, con el fin de validar la encuesta diseñada. Para ello se utilizó el alfa de Cronbach. Esta herramienta estadística permite estimar la confiabilidad de una prueba (Cervantes, 2005). Para ello, se ingresó la base de datos al programa R y se validaron todos los datos, igualmente se verifica la fiabilidad de escala. Figura 9.

Para esta base de datos se obtuvo inicialmente un alfa de Cronbach de 0,78, que es acorde y aceptada. Sin embargo, al observar las correlaciones entre las preguntas, se encontró que las preguntas 26, 27, 29, 30 y 31 no estaban en correlación con las demás, no aportaban de manera significativa, y disminuían la fiabilidad. Por lo cual, se descartaron en el instrumento debido a su bajo aporte. Luego, se realizó de nuevo el

cálculo del alfa de Cronbach y se incrementó a 93, resultado bastante aceptable, que permite de forma confiable continuar la investigación con un instrumento validado de 26 variables.

<b>Alpha Reability</b>	<b>0,9392</b>
<b>Standardizad Alpha</b>	<b>NaN</b>

**Fig. 9:** Cálculo de Alpha reliability

*Fuente: Propia a partir de resultados de R-Comander*

## 4. RESULTADOS

Se desarrolló un minucioso trabajo de campo sobre la complejidad de los proyectos de las IES en la muestra representativa. Seguidamente, se adelantó un detallado análisis estadístico descriptivo de cada una de las variables categóricas, con respuesta tipo likert, tomadas como base para el diseño del modelo de nivel de *complexity* de los proyectos de las IES.

### 4.1 Trabajo de campo

Como se mencionó con anterioridad, para el trabajo de campo se tomó una muestra en 55 Instituciones de educación superior (IES), representativas de todo el territorio colombiano (zona Centro, sur, norte, oriente y occidente del país), que fueron seleccionadas en forma aleatoria. Las dimensiones de estudio y las preguntas propuestas fueron procesadas en un formulario de Google drive, y aplicadas al personal directivo y/o administrativo, de investigación y planeación con conocimiento de los proyectos y programas de la Institución de Educación Superior-IES.

### 4.2 Análisis estadístico de datos

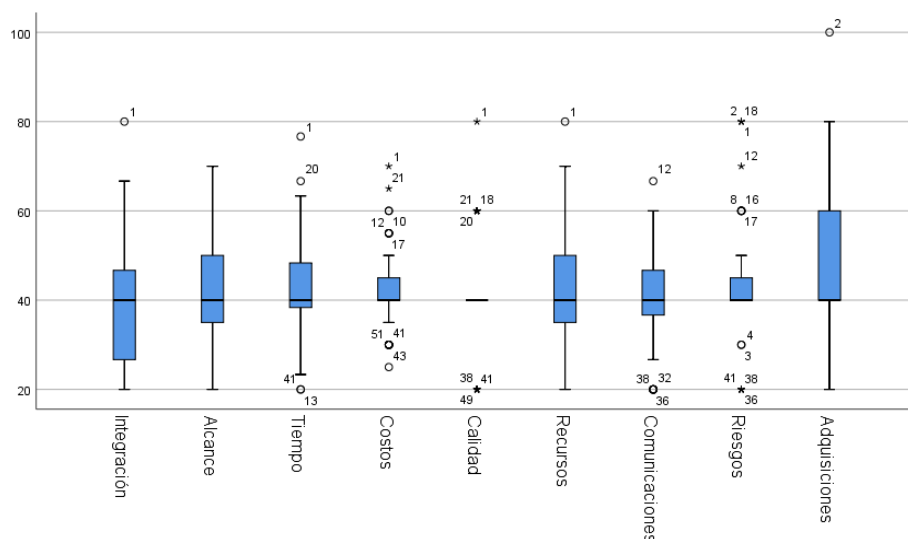
Una vez aplicado el instrumento de estudio en las 55 Instituciones de educación superior, al usar un enlace de Google drive, la información se tabuló en una hoja electrónica de manera automática. Los datos fueron cargados en el software R, donde se realizaron las pruebas estadísticas de los datos. Igualmente, se desarrollaron análisis de correlación entre

las dimensiones y variables. Se confirmaron y determinaron las correlaciones y su influencia como base para el diseño del modelo de nivel de *complexity* en los proyectos de las IES.

#### 4.2.1 *Pruebas estadísticas de datos*

En la Figura 7., se presenta el diagrama de caja -boxplot- de cada una de las nueve (9) dimensiones de la complejidad que se estudian en los proyectos complejos de las IES. Se evidencia una distribución homogénea de los datos y la ausencia de dispersión en las respuestas entre dimensiones, que sustenta la validez estadística de los datos obtenidos en el trabajo de campo. Se presentan algunos datos atípicos -outliers- que corresponden a respuestas fuera de las usualmente dadas por la mayoría de encuestados. Es importante destacar que estas respuestas atípicas son en su mayoría dadas por las mismas instituciones. Tal situación es un claro indicio que existen algunos individuos que perciben un alto grado de complejidad para las diferentes dimensiones en cuestión.

De igual forma, se observa cómo las dimensiones, adquisiciones, recursos, alcances e integración presentan mayor nivel de complejidad, cuyo valor máximo llega al 80%. Es decir, el nivel de complejidad de los proyectos de las IES llega a estar a un nivel alto, más no extremo o caótico para los encuestados.



**Fig. 10:** Diagrama de caja - boxplot

Fuente: Propia a partir de resultados de R-Comander

En la Tabla 4., se determinan los estadísticos descriptivos que muestran los valores mínimos en cada dimensión, en este caso 20 para todas las dimensiones a excepción de costos, con 25, y valores máximos que van desde 67 a 80. Por lo tanto, se observa una media en el rango de 38 a 44, con una desviación estándar regular entre las dimensiones. Así las cosas, se sigue consolidando la uniformidad de los datos obtenidos y la identificación de datos que se salen de las respuestas normales y generales, que corresponden a respuestas de IES que consideran la complejidad de los proyectos en término alto.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos

	Mínimo	Máximo	Media	Dev. Desviación
Integración	20,0	80,0	38,303	14,9192
Alcance	20,0	70,0	41,364	12,5998
Tiempo	20,0	76,7	42,424	10,7239
Costos	25,0	70,0	42,545	9,2733
Calidad	20,0	80,0	41,818	12,3365
Recursos Humanos	20,0	80,0	41,273	14,6635



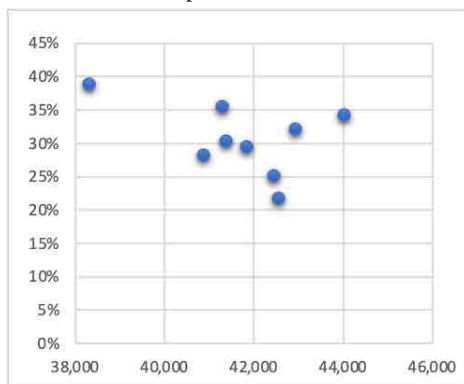
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Comunicaciones	20,0	66,7	40,848	11,5509
Riesgos	20,0	80,0	42,909	13,8340
Adquisiciones	20,0	100	44,00	15,105

Fuente: Propia a partir de resultados de R-Comander

En la Tabla 5., se observa el resumen de los estadísticos descriptivos, donde resalta el coeficiente de variación de máximo 39%, así como desviaciones estándar regulares entre las dimensiones que se muestran en la gráfica como una concentración alrededor del punto medio establecido.

Tabla 5. Resumen y gráfico de estadísticos descriptivo

	Media	CV	Desv. Desviación
<b>Integración</b>	38,30	39%	14,9192
<b>Alcance</b>	41,36	30%	12,5998
<b>Tiempo</b>	42,42	25%	10,7239
<b>Costos</b>	42,55	22%	9,2733
<b>Calidad</b>	41,82	30%	12,3365
<b>Recursos Humanos</b>	41,27	36%	14,6635
<b>Comunicaciones</b>	40,85	28%	11,5509
<b>Riesgos</b>	42,91	32%	13,8340
<b>Adquisiciones</b>	44,00	34%	15,105



Fuente: Propia a partir de resultados de R-Comander

#### 4.2.2 Correlación entre dimensiones de *complexity* en las IES

En la Tabla 6., se encuentran las correlaciones, de las cuales, las más altamente correlacionadas corresponden a comunicaciones, riesgos, tiempo, integración alcance, costos, recursos humanos, y las que menos índice de correlación tienen son: Adquisiciones, calidad y alcance.

Tabla 6. Correlaciones de las dimensiones de la *complexity* en las IES

		Integración	Alcance	Tiempo	Costos	Calidad	Recursos	Comunicaciones	Riesgos	Adquisiciones
Integración	Correlación de Pearson	1	,564**	,656**	,643**	,487**	,699**	,711**	,724**	,491**
	Sig. (bilateral)		,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Alcance	Correlación de Pearson	,564**	1	,619**	,497**	,198	,547**	,484**	,508**	,341*
	Sig. (bilateral)	,000		,000	,000	,147	,000	,000	,000	,011
	N	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Tiempo	Correlación de Pearson	,656**	,619**	1	,700**	,535**	,651**	,644**	,609**	,404**
	Sig. (bilateral)	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,000	,002
	N	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Costos	Correlación de Pearson	,643**	,497**	,700**	1	,687**	,629**	,631**	,706**	,428**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,001
	N	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Calidad	Correlación de Pearson	,487**	,198	,535**	,687**	1	,540**	,439**	,576**	,278*
	Sig. (bilateral)	,000	,147	,000	,000		,000	,001	,000	,040
	N	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Recursos Humanos	Correlación de Pearson	,699**	,547**	,651**	,629**	,540**	1	,817**	,757**	,595**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000		,000	,000	,000
	N	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Comunicaciones	Correlación de Pearson	,711**	,484**	,644**	,631**	,439**	,817**	1	,811**	,589**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,001	,000		,000	,000
	N	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Riesgos y oportunidades	Correlación de Pearson	,724**	,508**	,609**	,706**	,576**	,757**	,811**	1	,564**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000		,000
	N	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Recursos y Adquisiciones	Correlación de Pearson	,491**	,341*	,404**	,428**	,278*	,595**	,589**	,564**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,011	,002	,001	,040	,000	,000	,000	
	N	55	55	55	55	55	55	55	55	55

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Propia a partir de resultados de R-Comander

Después de revisado todo el proceso estadístico que ubica las variables en las dimensiones y evidencia su respectivo comportamiento, se concluyen los resultados en la Tabla 7., ubicando dichos resultados estadísticos en los niveles de complejidad previstos para la investigación como son: 1) Bajo, 2) Moderado, 3) Alto, 4) Extremo y 5) Caótico, para cumplimiento del objetivo que determina el nivel de complejidad de los proyectos en las IES de Colombia.

Tabla 7. Resultados de Nivel de complejidad de proyectos complejos en IES para cada variable y Dimensión

	Mínimo	Máximo	Nivel de <i>complexity</i> de proyectos	Resultado
Integración	20,0	80,0	Moderada	En su mayoría, las IES consideran posible integrar todos los proyectos complejos y estimar los beneficios de los proyectos en forma moderada. Es decir, las complejidades son manejables y finalmente controladas. Una minoría de las IES han identificado la complejidad en sus proyectos complejos ubicándolos en un nivel de complejidad alto y extremo.
Alcance	20,0	70,0	Moderada	En su mayoría las IES consideran que el nivel de dificultad para identificar los requerimientos, las áreas, el subsistema del proyecto y enfrentar el alto nivel de cambios en la ejecución de los mismos, representa un nivel de complejidad moderado en sus proyectos complejos. Una minoría de las IES considera que el manejo de estos factores implica un nivel de complejidad alto y extremo en sus proyectos complejos.

	Mínimo	Máximo	Nivel de <i>complexity</i> de proyectos	Resultado
Tiempo	20,0	76,7	Moderada	En su mayoría, las IES consideran que la estimación del cronograma, la afectación de la ruta crítica y el tiempo inferior al necesario en los proyectos, representan un nivel de complejidad moderado para sus proyectos complejos. La minoría considera estos factores de alta complejidad.
Costos	25,0	70,0	Moderada	En su mayoría, las IES consideran que la estimación de costos, planificación del flujo de caja y la volatilidad de los costos, implican un nivel de complejidad moderado en sus proyectos complejos. Una minoría considera que el nivel de complejidad es alto y de gran impacto.
Calidad	20,0	80,0	Moderada	En su mayoría, las IES consideran que los entregables exigidos como factor de calidad del proyecto tienen un nivel de complejidad moderado para sus proyectos complejos. Una minoría considera este factor de complejidad alta.
Recursos Humanos	20,0	80,0	Moderada	La mayoría de las IES consideran que enfrentar el gran número de participantes del proyecto y compartir estos recursos con otros proyectos genera una complejidad moderada. Una minoría considera la afectación por compartir recursos humanos como un factor de complejidad alto.

	Mínimo	Máximo	Nivel de <i>complexity</i> de proyectos	Resultado
Comunicaciones	20,0	66,7	Moderada	La mayoría de las IES consideran que la influencia de interesados externos demora la toma de decisiones por presiones y falta de consenso, representan un nivel de complejidad moderado en sus proyectos complejos. La minoría considera que el nivel de complejidad de estos factores es alto para sus proyectos complejos.
Riesgos y Oportunidades	20,0	80,0	Moderada	La mayoría de las IES consideran que las nuevas tecnologías, así como los riesgos del clientes, proveedor y usuario, constituyen factores de complejidad moderada para los proyectos complejos. La minoría los considera de alta complejidad en el manejo de los proyectos complejos.
Recursos y Adquisiciones	20,0	100	Moderada	La mayoría considera que la complejidad es moderada respecto al manejo del número de contratos y/o adquisiciones del proyecto complejo. La minoría considera una alta complejidad en el manejo de estos factores de los cuales depende el cumplimiento del proyecto complejo.

*Fuente: Propia a partir de los resultados estadísticos de R*

### 4.3 Diseño de modelo para nivel de complejidad de la gestión de proyectos complejos en las Instituciones de Educación Superior

Una vez realizada la validación de los datos, y el análisis estadístico descriptivo, se tomaron como referencia los resultados de las correlaciones entre dimensiones y variables de la complejidad, para llegar a la propuesta de un modelo que determine el nivel de complejidad de los

proyectos en las IES. Las dimensiones se observan en la Figura 7., y son resultado de los estadísticos descriptivos donde todas las dimensiones tienen un nivel de complejidad de los proyectos moderada, lo que genera un modelo homogéneo en cuanto a nivel de complejidad.

Con un modelo homogéneo, de nivel de *complexity* en los proyectos complejos de las IES, es necesario considerar las correlaciones determinadas para estratificar el modelo en cuanto a sus dependencias. Las correlaciones más altas corresponden a:

- Integración con comunicaciones y riesgos.
- Alcance, con tiempo e integración; tiempo con integración, comunicación, alcance, costos y recursos humanos.
- Tiempo con integración, comunicación, alcance, costos, recursos.
- Costos con tiempo y riesgos.
- Calidad con riesgo, costos y tiempo.
- Recursos humanos con comunicaciones, riesgos e integración.
- Comunicaciones con riesgos, recursos, integración.
- Riesgos y oportunidades con recursos humanos y comunicaciones.
- Recursos y adquisiciones con recurso humanos y comunicaciones.

Igualmente, las correlaciones, aunque positivas, que tienen menor valor son:

- Adquisiciones
- Calidad
- Alcance
- Recursos humanos
- Comunicaciones.



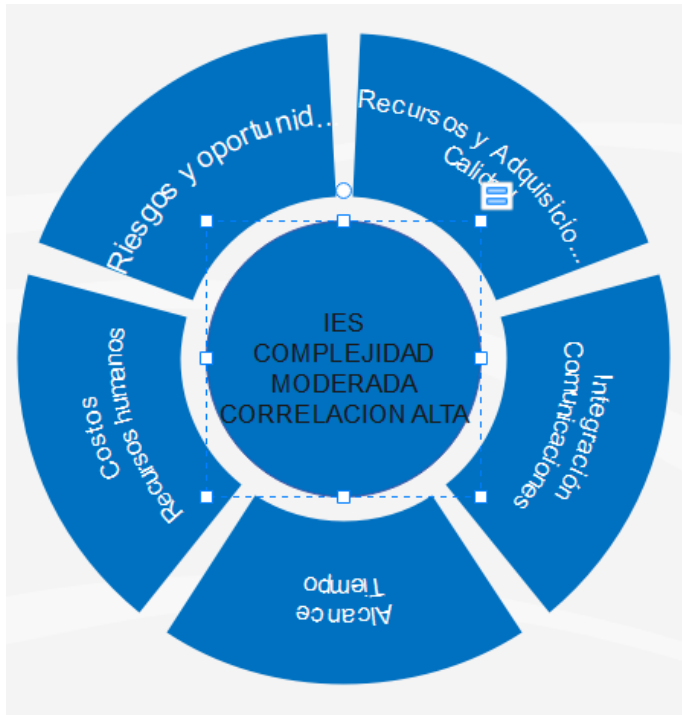
**Fig. 11:** Dimensiones de Proyectos Complejos

Fuente: Propia a partir de: Anyosa Soca (2008); PMI (2014); ICCPM (2012), Rincón-González (2014); (2019a).

Se incluyen entonces, de acuerdo a estas correlaciones y/o dependencias, las dimensiones evaluadas con el fin de diseñar un modelo del nivel de complejidad de los proyectos complejos de las IES. Las correlaciones resultan altas, lo que quiere decir que hay dependencia entre ellas. Cada dimensión se mueve proporcional a la otra, de tal manera que si la una se incrementa las otras también, al igual que en el caso de decrecer. En la Figura 8., se muestra esta relación de dependencia e interrelación entre las dimensiones de los proyectos complejos de las IES.

Igualmente, con el color azul se muestra la homogeneidad del nivel de complejidad de los proyectos complejos de las IES que, según los resultados de la encuesta y análisis estadísticos de la información, corresponde a las nueve (9) dimensiones planteadas en un **nivel moderado** de *complexity*.

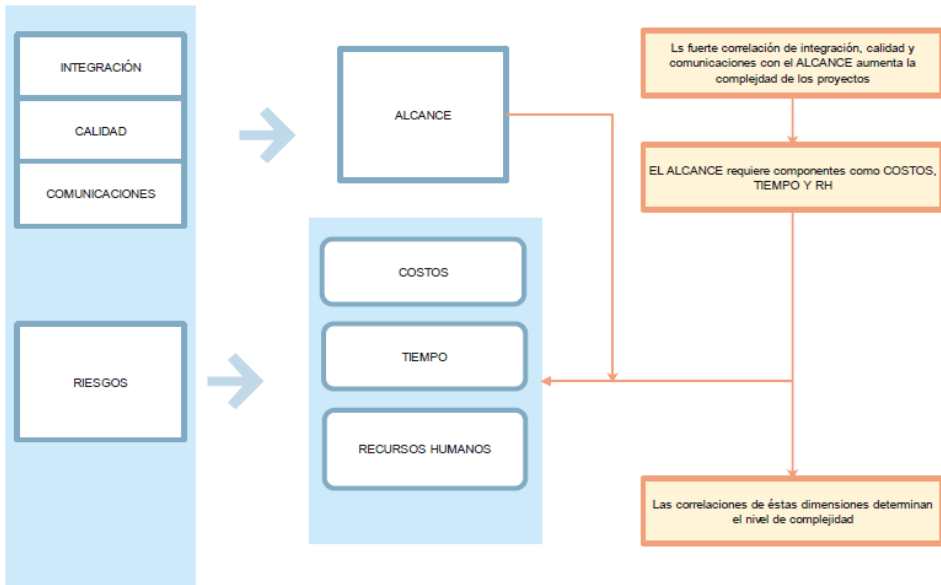
Se presenta entonces el modelo de *complexity* de las IES de Colombia. Igualmente, en la Figura 9., se muestran las relaciones homogéneas entre las dimensiones del modelo.



**Fig. 12:** Modelo de Complejidad para las IES  
*Fuente: Propia a partir de análisis estadístico*

El resultado es un solo grupo homogéneo, como se muestra en la Figura 12., en donde se grafican las relaciones entre dimensiones que dependen una de la otra y que, finalmente, muestran un modelo de dependencia e impacto de las dimensiones complejas sobre el desarrollo de los proyectos de las Instituciones de Educación Superior IES. Como ya se estudió, son de nivel *complexity* moderado.





**Fig. 13:** Modelo de Relaciones del nivel de complejidad en las IES

*Fuente: Propia a partir de resultados obtenidos de R*

El modelo muestra cómo las dimensiones de la complejidad: integración, alcance, tiempo, costos, calidad, recursos humanos, comunicaciones, riesgos y oportunidades y recursos y adquisiciones, se encuentran en una correlación alta y de dependencia mutua. Sumado a esto, se considera, según los resultados obtenidos, que la complejidad de los proyectos de las IES en todas las dimensiones es moderada. Ello quiere decir que el desarrollo y ejecución de proyectos complejos no les genera situaciones extremas y/o caóticas, sino que pueden subsanar las situaciones que se presenten en cada dimensión de manera moderada, durante la ejecución de los proyectos.

La Figura 13., muestra la relación entre las dimensiones integración, calidad, comunicaciones y riesgos, inicialmente. Después, a medida que se obtiene el alcance del proyecto, se muestra la afectación de las dimensiones costos, tiempo y recursos humanos, hasta obtener el resultado esperado, lo que afecta la dimensión calidad y comunicaciones. Este proceso se dará las veces necesarias hasta obtener los resultados finales del proyecto.

Teniendo en cuenta los resultados, es necesario indagar sobre el éxito de la ejecución de los proyectos complejos en las IES. Las cuales, pueden gestionar, con un nivel de complejidad moderado, proyectos complejos del sector.

El desarrollo de esta investigación permitió establecer que los autores de proyectos complejos, fueron dando forma a este concepto de complexity de manera progresiva y que según la búsqueda realizada en base de datos que pasó de un total de 687 referencias a 80 y finalmente a 31 referencias seleccionadas del tema, ha sido explorado por los mismos autores clásicos y modernos y se extiende tímidamente a otras áreas diferentes a la ingeniería.

En el sector educativo se encuentran proyectos complejos liderados desde el Gobierno central principalmente, pero la investigación muestra que desde las IES se gestan también este tipo de proyectos, cuyo mayor nivel de complexity es la obtención de recursos, sostenimiento de la calidad y alcance de los entregables.

En el trabajo de campo se logró contactar personal idóneo en las IES, que conocen sus instituciones y los proyectos en marcha, al igual que las dificultades y logros. Explicar el concepto nivel de complexity de los proyectos, fue necesario para obtener información fiable en las encuestas; sin embargo, los resultados evidencian esa confusión, cuando muestran que en las 9 dimensiones exploradas, las IES tienen un nivel de complexity moderado. Ahondar en la caracterización de los proyectos que manejan las IES es necesario para obtener datos exactos de este nivel.

El análisis estadístico permite conformar un modelo estándar que refleja homogeneidad en sus componentes y una correlación menor en adquisiciones, calidad y alcance, que están relacionadas con los recursos limitados de las IES y la alta demanda de servicios de usuarios especialmente en el sector público. Los factores limitantes se ven reflejados y generan una complejidad que ya identifican y administran.

## 5. DISCUSIONES

Los resultados obtenidos dejan cuestionamientos importantes en el camino, por ejemplo, si ¿las personas encargadas de proyectos y

programas en las IES manejan proyectos complejos de forma integral, o solo apartes distribuidos por el ente gubernamental nacional o local, conocen las definiciones y el contexto de proyectos complejos? Este aspecto constituye uno de los tópicos más importantes, pues el desconocimiento lleva al subdimensionamiento, y, por consecuencia, a la falta de aplicación de dichas técnicas, que influyen directamente en oportunidad y calidad.

Es posible que haya desconocimiento de las características y fundamentos de la complejidad en los proyectos, la base necesaria para poder responder, de manera objetiva, preguntas de nivel de complejidad en los proyectos complejos, se infiere por las respuestas obtenidas. Donde se muestra cómo los proyectos complejos no son plenamente identificados en las IES y, que tomar riesgos, emprender y afrontar situaciones caóticas siendo conscientes de ello no es una práctica regular en la ejecución de proyectos de las IES.

## 6. CONCLUSIONES

Se realizó un análisis de 687 referencias bibliográficas científicas que fundamentaron las definiciones, características y componentes de los proyectos complejos a nivel general y en las IES. Lo que permitió establecer las dimensiones de los proyectos complejos, a partir de los cuales se desarrolló la investigación.

Se adelantó un trabajo de campo en el cual se analizaron 55 IES representativas de todas las zonas del país como parte fundamental para el desarrollo de la investigación.

Se ejecutó, paso a paso, la metodología planteada. Una vez recolectada la información, se aplicó el análisis estadístico descriptivo y se utilizaron herramientas estadísticas (boxplot, análisis de correlación y análisis de varianza y desviación), en el programa R, como apoyo para el análisis de la información obtenida, esto permitió analizar la información e identificar los datos relevantes para la configuración del modelo de nivel de complejidad de las IES de Colombia.

En el trabajo de campo desarrollado, las IES evaluaron cada una de las 9 dimensiones de proyectos complejos identificados en la litera-

tura, como son: integración, alcance, tiempo, costos calidad, recursos humanos, riesgos y oportunidades, comunicaciones y recursos y adquisiciones, las cuales fueron revisadas por las IES para finalmente determinar que el nivel de complejidad de sus proyectos es *moderado*.

Con los análisis se encontró que las dimensiones tienen una alta correlación entre sí, de tal manera que debió conformarse un modelo homogéneo interdependiente para determinar el nivel de complejidad de los proyectos de las IES.

En vista de los resultados obtenidos, se identificó para futuras líneas de investigación, la ampliación del estudio orientado a otros sectores que ejecuten los *complexity projects*.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anyosa Soca, V. (2008). *Simplificando la complejidad de los proyectos: más allá de comerse al elefante en pedacitos = Simplifying project complexity: beyond eating the elephant in small pieces. Paper presented at PMI® Global Congress 2008—Latin America, São Paulo, Brazil. Newtown.*
- Baccarini, D. (1996). *The Concept Of Project Complexity –A Review. International Journal of Project Management.* 201-204.
- Bakhshi, J., Ireland, V., & Gorod, A. (2016). Clarifying the project complexity construct: Past, present and future. *International Journal of Project Management*, 34(7), 1199–1213. <http://10.0.3.248/j.ijproman.2016.06.002>
- Bar-Yam, Y. (2003). *Dinámica de sistemas complejos: studies in nonlinearity. Boulder: Ed. Westview Press.*
- Belout, A., & Gauvreau, C. (2004). Factors Influencing Project Success: the Impact of Human Resource Management. *International Journal of Project Management*, 22(1), 1-11.

- Bubshait, K. A., & Selen, W. J. (1992). Project Characteristics that Influence the Implementation of Project Management Techniques: A Survey. *Project Management Journal*, XXIII(2), 43-47.
- Cardona Mejía, L., Pardo del Val, M., & Dasí Coscollar, A. (2020). *El cambio organizativo en la educación superior en Colombia: Perspectivas y retos*.
- Cervantes, V. (2005). Interpretaciones del Coeficiente Alpha de Cronbach, avance en medición 3,9-28.
- Darshan, H. O., Pooja, I., Gaurav, J., & Nikhil, J. (2020). Portable Digital Remote Labs Designed for the Students Using Inexpensive Hardware and Open Source Prototyping. In *Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 80, pp. 217–228). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-23162-0\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-030-23162-0_20)
- De los Ríos-Carmenado, I., Guillén-Torres, J., & Herrera-Reyes, A. T. (2013). *Complexity in the Management of Rural Development Projects: Case of LASESA (Spain)\**.
- Geraldi, J. G., & Adlbrecht, G. (2006). Unravelling Complexities in Engineering Projects. In Proceedings Paper of EuroMOT, Birmingham, Reino Unido. *International Project Management Association*, 29, 22-26. September).
- Geraldi, J. G., Maylor, H., & T, W. (2011). *Now, let s make it really complex (complicated): a systematic review of the complexitics of projects*.
- Girmscheid, C., & Brockmann, G. (2008). The Inherent Complexity of Large Scale Engineering Projects. *International Project Management Association*, 29, 22-26.
- ICCPM. (2012). *Complex Project Manager Competency Standards. Version 4*.
- Jamshidi, M. (2008). *System of Systems Engineering. Innovations for the 21st Century*. John Wiley & Sons.

- Kähkönen, K. (2008). (2008). Level of Complexity in Projects and Its Impacts on Managerial Solutions. *International Project Management Association, XXIX, 3*.
- Maier, M. W. (1998). *Architecting principles for systems-of-systems. INCOSE International Symposium*. Wiley Online Library, pp. 565–573.
- Malmberg, J., Haataja, E., Seppänen, T., & Järvelä, S. (2019). Are we together or not? The temporal interplay of monitoring, physiological arousal and physiological synchrony during a collaborative exam. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 14(4)*, 467–490. <https://doi.org/10.1007/s11412-019-09311-4>
- Ministerio de Educación, N. de E. (2020). *Sistema de Educación Superior. Desarrollo de proyectos*. [https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-231240.html?\\_noredirect=1](https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-231240.html?_noredirect=1)
- Norman, D.O., Kuras, M. L. (2006). *Engineering complex systems. Complex Engineered Systems*. Springer, pp. 206–245.
- Palma Rivera, D. P., Villalta Jadan, B. E., & Meza Pérez, E. J. (2020). Selección de Proyectos de Tecnología de la Información en entornos de indeterminación. *Investigación Operacional, 41(5)*, 706–721. <https://bibliotecavirtual.unad.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=144650653&site=eds-live&scope=site>
- Payne, J. H. (1995). *Management of Multiple Simultaneous Projects: A State-of-the-Art Review. International Journal of Project Management, 29*, 268-278.
- Pinochet, L. H. C., Pardim, V. I., & de Souza, C. A. (2019). Complexity of educational projects in public administration. *Revista de Gestão e Projetos, 10(3)*, 13. <https://bibliotecavirtual.unad.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=142732953&site=eds-live&scope=site>

- PMI. (2014). *Navigating complexity: A practice guide*. Project Management Institute.
- Pryke, S., & Smyth, H. (2006). (2006). *The Management of Complex Projects: A Relationship Approach*. Oxford: Blackwell.
- Rincón-González, C. H. (2019). “An analysis and integrated model for managing complex projects in Colombia”. III Congreso Internacional en Dirección y Gestión de Proyectos III CIDGP 2019 La Universidad EAN, La Universidad Militar Nueva Granada, La Asociación Colombiana de Ingenieros.
- Rincón-González, C. H. (2020). “Análisis Cienciométrico de la Negociación en el Contexto de los Proyectos”. *Gerencia de proyectos e interesados*. Editorial UPTC, ISBN 978-958-660-387-4. pp. 9-38.
- Rincón-González, C. H. (2020). “Análisis Cienciométrico de los Equipos de Trabajo en el Contexto de los Proyectos”. *Gerencia de proyectos e interesados*. Editorial UPTC, ISBN 978-958-660-387-4. pp. 113-150.
- Rincón-González, C. H. (2017). *Caracterización de los stakeholders que se relacionan con las Oficinas de Gerencia de Proyectos*. *Daena*, 12(3), 230-255. ISSN 1870-557X.
- Rincón-González, C. H. (2018). “Diagnóstico de la gerencia de proyectos en Colombia – una investigación aplicada en el contexto empresarial del país”. *Investigación en Administración y su impacto en comunidades académicas internacionales – ISBN: 978-958*.
- Rincón-González, C. H. (2018). “Las oficinas de gerencia de proyectos - un impulsor de la estrategia y el desempeño de los proyectos en las organizaciones”. *La gerencia de proyectos como impulsor de la estrategia organizacional*, pp. 155-171, ISBN 978-958-756-586-7 Ediciones EAN. Bogotá,.
- Rincón-González, C. H. (2020). “Los Equipos de Trabajo y su Impacto en el Desempeño de los Proyectos en Colombia”. *Gerencia de*

*proyectos e interesados. Editorial UPTC, ISBN 978-958-660-387-4. P. 39-74.*

Rincón-González, C. H. (2018). *Metodología para la creación de oficinas de gestión de proyectos en las organizaciones. Doctoral tesis. Magna Cum Laude, Doctorado en Gerencia de Proyectos, Universidad EAN, Bogotá, Colombia.*

Rincón-González, C. H. (2014). “*Las oficinas de gerencia de proyectos: un impulsador del desempeño organizacional*”. *Investigación en Administración y Redes Globales de Conocimiento – ISBN: 978-958-772-238-3. Cali, Colombia.*

Rincón-González, C. H. (2015). *Propuesta de un Modelo de Evaluación Económica, Ambiental y Social de Proyectos: Un Enfoque Ético para la Evaluación de Proyectos Sostenibles. Daena, 10(2), 1-24. ISSN 1870-557X.*

Shenhar, A. J., & Dvir, D. (2007). *Reinventing Project Management: The Diamond Approach To Successful Growth And Innovation. Cambridge: Harvard Business School Press.*

Snowden, D. (2000). *The Social Ecology of Knowledge Management. In C. Després & D. Chauvel, Knowledge Horizons: The Present and the Promise of Knowledge Management. (pp.237-265).*

Strogatz, S. (2004). *The Emerging Science Of Spontaneous Order. Penguin Books. Kindle Edi.*

Toscano López, D. (2020). *La calidad de la Educación Superior en Colombia: algunas prácticas estratégicas de evasión. 206. Praxis Educativa, 24(2), 1–11. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.19137/praxiseducativa-2020-240>*

Turner, J., & Cochrane, R. . (1993). *Goals and ethods matrix: coping with projects with ill defined goals and/or methods of achievidg them. Int.J. Proj. Manag.11 (2), 93-102.*



Whitty, SJ & Maylor, H. (2009). And Then Came Complex Project Management (Revised). *International Journal of Project Management*, 27, 305-309.

Williams, T. M. (1999). *The Need for New Paradigms for Complex Projects*.

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

Ziemelis, K., & Allen, L. (2001). *Complex Systems*. *Nature Insight Review*.