

COLECCIÓN
INVESTIGACIÓN

Gerencia de proyectos complejos




EDITORIAL
U P T C

Jorge Andrés Sarmiento-Rojas
(Compilador)

Gerencia de proyectos complejos

Jorge Andrés Sarmiento-Rojas
(Compilador)



Uptc[®]

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
2021

Gerencia de proyectos complejos / Complex Project management / Sarmiento-Rojas, Jorge Andrés (Compilador). Tunja: Editorial UPTC, 2021. 328 pp.

ISBN 978-958-660-493-2

ISBN Digital 978-958-660-494-9

1. Proyectos complejos. 2. Gerencia de proyectos. 3. Programas y Portafolios. 4. Capacidad organizacional.

(Dewey 620 /21). Thema KJU - Teoría y comportamiento organizativos



Primera Edición, 2021

200 ejemplares (impresos)

Gerencia de proyectos complejos

Complex Project management

ISBN 978-958-660-493-2

ISBN Digital 978-958-660-494-9

Colección de Investigación UPTC No. 199

Proceso de arbitraje doble ciego

Recepción: noviembre de 2020

Aprobación: enero de 2021

© María Mercedes Bernal Cerquera, 2021

© Milton Rueda-Varón, 2021

© Gonzalo Andrés Rodríguez Cañas, 2021

© H. Mauricio Diez-Silva, 2021

© Hugo Fernando Castro Silva, 2021

© Jorge Andrés Sarmiento-Rojas, 2021

© César Hernando Rincón-González, 2021

© Nelson Beltrán Galvis, 2021

© Concepción Barreda-Ramírez, 2021

© Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021

Editorial UPTC

Edificio Administrativo – Piso 4

Avenida Central del Norte No. 39-115, Tunja,

Boyacá

comite.editorial@uptc.edu.co

www.uptc.edu.co

Rector, UPTC

Óscar Hernán Ramírez

Comité Editorial

Manuel Humberto Restrepo Domínguez, Ph. D.

Enrique Vera López, Ph. D.

Yolima Bolívar Suárez, Mg.

Sandra Gabriela Numpaque Piracoca, Mg.

Óscar Pulido Cortés, Ph. D.

Edgar Nelson López López, Mg.

Zaida Zarely Ojeda Pérez, Ph. D.

Carlos Mauricio Moreno Téllez, Ph. D.

Editora en Jefe

Lida Esperanza Riscanevo Espitia, Ph. D.

Coordinadora Editorial

Andrea María Numpaque Acosta, Mg.

Corrección de Estilo

Sylvia Moreno

Imprenta

Búhos Editores Ltda.

Tunja - Boyacá

Libro financiado por la Dirección de Investigaciones de la UPTC. Se permite la reproducción parcial o total, con la autorización expresa de los titulares del derecho de autor. Este libro es registrado en Depósito Legal, según lo establecido en la Ley 44 de 1993, el Decreto 460 de 16 de marzo de 1995, el Decreto 2150 de 1995 y el Decreto 358 de 2000.

Libro resultado del Proyecto de investigación UPTC SGI 2841

Sarmiento-Rojas, J. (Comp.) (2021). *Gerencia de proyectos complejos*. Tunja: Editorial UPTC.

DOI: <https://doi.org/10.19053/9789586604932>

Resumen

La fundamentación teórica en gerencia de proyectos ha tratado de unificar temáticas y requerimientos vinculados a la estandarización de procesos, gestión de interesados, evaluación de requisitos y rendimientos sobre productos o servicios concordantes al cumplimiento de objetivos estratégicos en las organizaciones; con especial intención en la generación, identificación y control de proyectos complejos constituidos por una variedad de tamaños, contextos e interrelaciones que crean un impredecible dinamismo, riesgos e incertidumbres. Por lo anterior, el libro “*Gerencia de Proyectos Complejos*” se concibe como el resultado de una compilación exhaustiva e innovadora de investigaciones relacionadas con la evaluación de diferentes visiones y nociones sobre los retos y avances en gerencia de proyectos complejos; al abordar temáticas de cadenas de suministros, economía circular, optimización de recursos, iniciativas del sector público y privado, gestión de interesados, desarrollo de software, capacidad y madurez organizacional, administración de instituciones de educación superior, oficinas de proyectos, programas y portafolios; mediante la utilización de instrumentos, revisión literaria, análisis cuantitativos y estadísticos. En consecuencia, la formulación del presente manuscrito aporta a la reducción de brechas de conocimientos en torno a la complejidad y gerencia de proyectos, para establecer nociones de complejidad desde distintas perspectivas y experiencias en el campo de investigación científica.

Palabras clave: Complejidad; Gerencia; Programas; Portafolios; Proyecto; Madurez.

Abstract

Project management theoretical basis has intended to merge topics related to process standardization, stakeholder management, evaluation requirements, and performance on products or services coherent with accomplishing organizational strategic objectives. The aim is to identify and control complex projects mainly framed by a variety of sizes, settings, and interrelations that engender unpredictable dynamism, risks, and uncertainties. Therefore, the book “*Gerencia de Proyectos Complejos*” is the result of an exhaustive and innovative compilation of research, based on the evaluation of concepts and visions, about the challenges and advances in complex project management; addressing issues as supply chains, circular economy, resource optimization, public and private sector initiatives, stakeholder management, software development, organizational capacity, maturity, administration of higher education institutions, project offices, programs, and portfolios. All of them through the use of literary review, instruments, scientometric and statistical analysis. Consequently, the formulation of this manuscript contributes to reducing knowledge gaps around complexity and project management to establish notions from diverse perspectives and experiences in the field of scientific research.

Keywords: Complexity; Management; Program; Portfolio; Project; Maturity.

Contenido

Presentación	9
MODELO INTEGRADO PARA PROYECTOS COMPLEJOS EN CADENAS DE SUMINISTRO DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS DESDE UNA ÓPTICA DE ECONOMÍA CIRCULAR	11
<i>Bernal Cerquera, María Mercedes; Rueda-Varón, Milton</i>	
1. INTRODUCCIÓN	11
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	13
3. MARCO METODOLÓGICO.....	19
4. RESULTADOS.....	20
5. DISCUSIONES.....	35
6. CONCLUSIONES.....	37
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
RECURSOS Y CAPACIDADES ORGANIZACIONALES CLAVES PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS COMPLEJOS EN EMPRESAS MINERAS DE BOYACÁ - COLOMBIA.....	45
<i>Rodríguez Cañas, Gonzalo A.; Díez Silva, H. Mauricio; Castro Silva, Hugo F.</i>	
1. INTRODUCCIÓN	45
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	47
3. METODOLOGÍA	60
4. RESULTADOS.....	61
5. DISCUSIONES.....	70
6. CONCLUSIONES.....	71
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
EVALUACIÓN DE INVERSIÓN EN PROYECTOS COMPLEJOS DE INGENIERÍA CIVIL A TRAVÉS DEL SISTEMA GENERAL DE REGALÍAS.....	79
<i>Sarmiento-Rojas, Jorge Andrés; Rincón-González, César Hernando</i>	
1. INTRODUCCIÓN	79
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	84
3. MARCO METODOLÓGICO.....	95
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	98
5. DISCUSIONES.....	107
6. CONCLUSIONES.....	120
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121

**EVALUACIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS
INFORMÁTICAS EN LOS PROYECTOS COMPLEJOS, Y SU
RELACIÓN CON LA MADUREZ ORGANIZACIONAL 129**

Beltrán Galvis, Nelson

1. INTRODUCCIÓN.....	129
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	133
3. MARCO METODOLÓGICO.....	139
4. RESULTADOS.....	143
5. DISCUSIONES.....	157
6. CONCLUSIONES.....	160
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	161

**NIVEL DE COMPLEXITY EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS
COMPLEJOS EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN
COLOMBIA..... 171**

Barreda-Ramírez, Concepción; Rueda-Varón, Milton

1. INTRODUCCIÓN.....	171
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	174
3. MARCO METODOLÓGICO.....	187
4. RESULTADOS.....	192
5. DISCUSIONES.....	204
6. CONCLUSIONES.....	205
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	206

**SCIENTOMETRIC ANALYSIS OF PMOS AND THEIR RELATION
WITH THE MANAGEMENT OF PROJECTS PROGRAMS AND
PORTFOLIOS 213**

Rincón-González, César Hernando, PostDoc., Ph.D.

1. INTRODUCTION.....	213
2. THEORETICAL FRAMEWORK.....	214
3. METHODOLOGY.....	219
4. RESULTS.....	221
5. DISCUSSIONS.....	244
6. CONCLUSIONS.....	249
7. REFERENCES.....	250

**ANÁLISIS Y MODELO INTEGRADO PARA LA GESTIÓN DE
PORTAFOLIOS DE PROYECTOS EN COLOMBIA 265**

Rincón-González, César Hernando, PostDoc., Ph.D.

1. INTRODUCCIÓN.....	265
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	266
3. MARCO METODOLÓGICO.....	293
4. RESULTADOS.....	303
5. DISCUSIONES.....	310
6. CONCLUSIONES.....	310
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	311

Presentación

Entender los proyectos, más allá del esfuerzo temporal y único emprendido para obtener un resultado, demanda un análisis profundo relacionado con el tamaño, la variedad, el contexto y las interrelaciones que, consecuentemente, conciben la complejidad y el impredecible dinamismo que generan estos devenires en incertidumbres y riesgos, lo que se condensa en proyectos con un mayor alcance e impacto en el medio. De otra parte, la fundamentación teórica en gerencia de proyectos ha tratado de unificar temáticas y requerimientos vinculados a la estandarización de procesos, gestión de interesados, evaluación de requisitos y rendimientos sobre productos o servicios, concordantes al cumplimiento de objetivos estratégicos de las organizaciones, estados y gobiernos, tendientes a la generación, identificación y control de proyectos complejos. Asimismo, las actuales condiciones de globalización, en un contexto rápido, competitivo y dinámico, en organizaciones que buscan adquirir capacidades para la gestión de programas y portafolios, requieren de conceptualización y uso de métodos, o herramientas innovadoras, para establecer nociones de complejidad desde distintas perspectivas, experiencias y conocimientos específicos aplicados a través de instrumentos y herramientas cuantitativas o cualitativas. Lo cual, permite la creación o fortalecimiento de estándares para la evaluación, supervisión y control de proyectos en función del cumplimiento de las expectativas de los interesados. Por lo anterior, la incorporación de conceptos que permitan establecer, identificar u orientar proyectos complejos dentro de las actividades desarrolladas por empresas y gobiernos, ha desencadenado diversos estudios e investigaciones, estableciendo metodologías teórico-prácticas para la formalización y estructuración de estándares sustentados en el conocimiento científico, orientados

a la identificación de características para la formulación de estrategias alrededor de la gestión de proyectos complejos. De igual manera, las brechas y límites en la exploración de la complejidad y su relación con el entorno, interés y economía, se reflejan en el desempeño y resultado de la gerencia en proyectos. Esto requiere observaciones de mayor profundidad para la elaboración de habilidades orientadas a la reducción de incertidumbre e incremento de las probabilidades éxito. Bajo ello se concibe el libro “Gerencia de Proyectos Complejos”, pues resulta de la compilación de exhaustivas e innovadoras investigaciones relacionadas con el análisis, perspectivas y nociones alrededor de los retos y avances en gerencia de proyectos complejos. Ello aborda temáticas relacionadas con cadenas de suministros, economía circular, optimización de recursos, iniciativas del sector público y privado, gestión de interesados, desarrollo de software, capacidad y madurez organizacional, administración de instituciones de educación superior, oficinas de proyectos, programas y portafolios mediante la utilización de instrumentos, revisión literaria, análisis cuantitativos y estadísticos, lo que aporta a la reducción de brechas en consecuencia de los conocimientos en torno a la complejidad y gerencia de proyectos.

Atentamente,

Investigadores del libro

MODELO INTEGRADO PARA PROYECTOS COMPLEJOS EN CADENAS DE SUMINISTRO DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS DESDE UNA ÓPTICA DE ECONOMÍA CIRCULAR

Bernal Cerquera, María Mercedes¹; Rueda-Varón, Milton²

*¹Facultad de Ingeniería, Universidad EAN.
mbernalc560@universidadean.edu.co
²mramon.d@universidadean.edu.co*

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día las cadenas de suministro viven cambios importantes que fluyen a un ritmo desafiante, inimaginable para cualquier organización. Ello se evidencia con los cambios diarios en las industrias, la implementación de nuevas tecnologías, alianzas con nuevos proveedores, creación de procesos, nuevas regulaciones y competidores, reducción de los ciclos de los productos y nuevos clientes, siendo estos últimos los actores principales de toda la cadena. Por tal motivo, es necesario contar con una buena gestión de proyectos que garantice la debida transformación de las cadenas de suministro, con actividades coordinadas que ayuden a mantenerlas vigentes en el mercado, a la vez que se cumplen a cabalidad las metas propuestas en diferentes periodos de tiempo.

Cuando los proyectos tienen una connotación que envuelve la incertidumbre y lo impredecible en las situaciones a manejar, y las personas interesadas a su alrededor manifiestan problemas como inconvenientes

en la comunicación, a tal punto que obstaculizan el desarrollo adecuado de un proyecto; y existen muchas partes que deben ser conectadas e interrelacionadas entre sí dentro de la dinámica del sistema, cada una con su propia particularidad, entonces se habla de proyectos complejos. Por ello, se puede establecer una clara diferencia entre estos y los proyectos tradicionales, especialmente por sus características particulares en cuanto al manejo en el tiempo, dimensiones, presupuesto, tamaño, y herramientas que se necesitan para el adecuado desenvolvimiento en una organización (Project Management Institute, 2014).

En referencia a una perspectiva de economía circular, en una cadena de suministro se espera llevar a cabo los procesos necesarios para recuperar el material que entra al sistema y, de igual forma, el que se transforma o queda rezagado en los procesos de producción. Lo cual, apunta a una propuesta de modelo económico regenerativo, donde el concepto de fin de vida se sustituye por la restauración de recursos. Puesto que, dicha clase de economía, que va en dirección contraria a la economía lineal que regenera desechos en su etapa final productiva, permite direccionar los esfuerzos en las cadenas de suministro para alcanzar objetivos primordiales de sostenibilidad ambiental y económica (Elia, et al. 2020).

Con relación a lo anterior, este capítulo tiene como objetivo general proponer un modelo integrado para proyectos complejos, en cadenas de suministro del sector manufacturero de la industria de alimentos en Colombia, desde una óptica de economía circular. Para llevar a cabo tal objetivo, se considera lo siguiente:

- Hacer un estudio detallado de la literatura relacionada con proyectos complejos en las cadenas de suministro del sector manufactura.
- Caracterizar las cadenas de suministro manufactureras en la clasificación de elaboración de productos alimenticios, mediante la aplicación de un instrumento de medición.
- Definir las variables necesarias para el diseño del modelo integrado de proyectos complejos.
- Hacer un estudio estadístico para determinar la validez de los datos e identificar las características particulares alrededor de los

proyectos complejos, para finalmente proponer futuras líneas de investigación.

La metodología del presente artículo se caracteriza por ser cuantitativa, descriptiva, correlacional y explicativa. En donde se determina la validez de los datos por medio del uso de un instrumento de medición junto con un análisis estadístico. El trabajo de investigación abarca una fundamentación teórica sobre los proyectos complejos: definiciones de cadenas de suministros, economía circular y el sector de manufactura de alimentos; un marco metodológico donde se exponen los pasos para llegar a la construcción de un modelo junto con sus elementos esenciales; una revisión de los resultados apoyados por el programa estadístico R, para continuar con las discusiones que permiten hacer un análisis con los referentes teóricos expuestos; y, finalmente, las conclusiones y referencias que apoyan la construcción del marco teórico.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Proyectos complejos

Para hablar de proyectos complejos es necesario revisar, en primer lugar, los retos que se presentan dentro de un sistema. Dicho sistema puede ser representado por un proyecto cuya preparación debe estar encaminada hacia el uso adecuado de las herramientas diseñadas. Lo cual, permite llevar procesos de forma eficiente para así alcanzar las metas propuestas. En su mayoría, los proyectos complejos no se pueden descomponer fácilmente debido a su magnitud. A ello se le suma que los equipos que lideran este tipo de proyectos, en muchas ocasiones, no cuentan con suficiente claridad, o experiencia, en la dirección de este. Al presentar tanta incertidumbre se dificulta su ejecución y seguimiento, además de manifestarse altos niveles de riesgo (Anyosa, 2008). Por consiguiente, se debe realizar un análisis de las dimensiones orientadas por el estándar PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) basadas en las áreas de conocimiento, para abordar proyectos complejos, analizarlos en su totalidad, controlarlos y lograr su simplificación dentro de cualquier ambiente (Anyosa, 2008). Esas dimensiones que se deben considerar son la integración, alcance, tiempo, costos, calidad, recursos

humanos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones y gestión de los interesados del proyecto (Project Management Institute, 2017).

En los proyectos complejos resulta necesario retomar del estándar PMI (*Project Management Institute*, 2014) las categorías de complejidad que se ilustran en la Figura 1. Estas se utilizan con el fin de analizar la complejidad desde diferentes variantes, cada una de ellas orientada hacia una vertical diferente que es necesario saber trabajar. Desde la variante del comportamiento humano, hay una inclinación por atender las conductas de las personas que interactúan en un proyecto, y se direccionan hacia el comportamiento individual, organizacional, la comunicación, control, diseño organizacional y desarrollo. Desde la variante del comportamiento de los sistemas, su dirección es hacia la conectividad, sistemas dinámicos y dependencia. Y, desde la variante de ambigüedad, se focaliza la incertidumbre y un cambio no anticipado.



Fig. 1: Categorías de la Complejidad y causas asociadas.

Fuente: PMI, 2014.

Tales categorías, que abordan la complejidad, consideran para su análisis la diversidad existente entre las personas, sus influencias y la cantidad de stakeholders que interactúan en una red compleja. Igualmente, se presenta diversidad de ambientes desde el punto de vista sistémico, en donde cada sistema se manifiesta frecuentemente de manera independiente. Dentro de la ambigüedad el elemento representativo es la incertidumbre, que genera inseguridad ante la respuesta a un problema,

acompañado de la carencia de conciencia y entendimiento de este, y el cambio no anticipado que crece de las interrelaciones dinámicas entre programas y componentes de proyectos (Project Management Institute, 2014).

2.2 Cadenas de suministro

Según Meyer & García (2019), los proyectos complejos tienen presencia en cadenas de suministro, donde su éxito depende de la oportuna entrega de ciertas variables que inciden en sus metas propuestas. Algunas de ellas corresponden a la calidad, el costo efectivo en la entrega de materiales, sus instalaciones y sistemas. De igual forma, están rodeadas por un gran número de personas interesadas que contribuyen en el logro de los objetivos propuestos desde diferentes áreas y puntos de la cadena de suministro. Los cuales son apoyados gracias a la cooperación que hay entre organizaciones, direccionándose hacia tres aristas que son la económica, ambiental y social, componentes fundamentales de la sostenibilidad (Seuring & Muller, 2008).

Para Feller, Shunk y Callarman (2006), el valor que se le da a una cadena de suministro está condicionado por su entorno social y económico. Puesto que, a partir de él, desarrolla a su alrededor interacciones complejas, pues afectan la percepción del ser humano lo que implica una reacción basada en sus valores. Por ello, las tendencias sociales y las condiciones económicas influyen en la toma de decisiones de los stakeholders. Las cadenas de suministro generan su máximo valor en un entorno muy dinámico, esto sincroniza sus flujos de tal forma que cada entidad no actúe de manera independiente, sino que se integre y coopere con las demás para conformar una entidad holística entre la suma de cada una de las partes.

La coordinación de todas las actividades que se asocian a la gestión de la cadena de suministro implica una rigurosa administración de los diferentes flujos que la recorren, desde que es abastecida por las materias primas, hasta que se le entrega el producto al cliente final (Handfield & Ernest, 1999). Por ello, se requiere contar con la debida dirección estratégica, táctica y operativa dentro de la cadena, para que así se ejecuten con éxito las diferentes tareas sostenibles necesarias para cumplir los objetivos

trazados (Sahay & Gupta, 2003). En la medida en que el sistema de una cadena de suministro se vuelva más organizativo, pero a la vez con más variables que manejar, dicho sistema se considera complejo (Sarkis & Sundarraj, 2000).

Por otra parte, la integración y transformación de una cadena de suministro, desde diferentes ámbitos, que se enmarque en lo sustentable, acoge a la economía circular. Dentro de ese contexto, las compañías han crecido a través del tiempo, a la vez que van descubriendo nuevos recursos que les han permitido transformarse en cadenas de suministro más complejas y con múltiples niveles en sus sistemas. Dicha complejidad inicia a partir de la expansión de empresas a nuevos territorios, en donde han proliferado a pesar de presentar dificultades en la expansión de sus operaciones. Nuevos desafíos deben sobrellevar las cadenas de suministro que luchan por salir adelante evolucionando día a día (Weetman, 2017).

2.3 Economía circular

En vista de lo complejo que resulta crear un entramado de sistemas en una organización, es posible observar los recursos agotarse y el deterioro del medio ambiente. Con el propósito de atender tal problema nace la economía circular, la cual, se convierte en una alternativa para reducir el uso de recursos primarios tomados de la naturaleza, así como por cerrar el ciclo productivo de las cadenas de suministro, reutilizando, reduciendo recursos y otras operaciones que contribuyen al propósito en cuestión. Esta economía se dirige hacia el camino opuesto de la tradicional economía lineal, quien toma la materia prima, realiza sus procesos de transformación y, finalmente, desecha aquello que ya no le sirve.

El enfoque de la cadena de suministro, a medida que evoluciona, considera no solo los flujos que circulan internamente en una única dirección, es decir, desde que inicia el proceso de abastecimiento de materias primas hasta que el producto final se le entrega al cliente; sino que también considera los flujos inversos. Los flujos bidireccionales se dan en una cadena de suministro tanto interna como externa, ello establece redes que distribuyen los materiales y productos con el fin de llevar a cabo la entrega de productos o servicios primarios, como también los renovables o reciclados. El contraste de una cadena de suministro circular con una cadena

de suministro tradicional o lineal, y una de circuito cerrado, se puede apreciar en el ejemplo de la Figura 2, la cual, también presenta los conceptos resultantes en diferentes grados de integración de sostenibilidad.

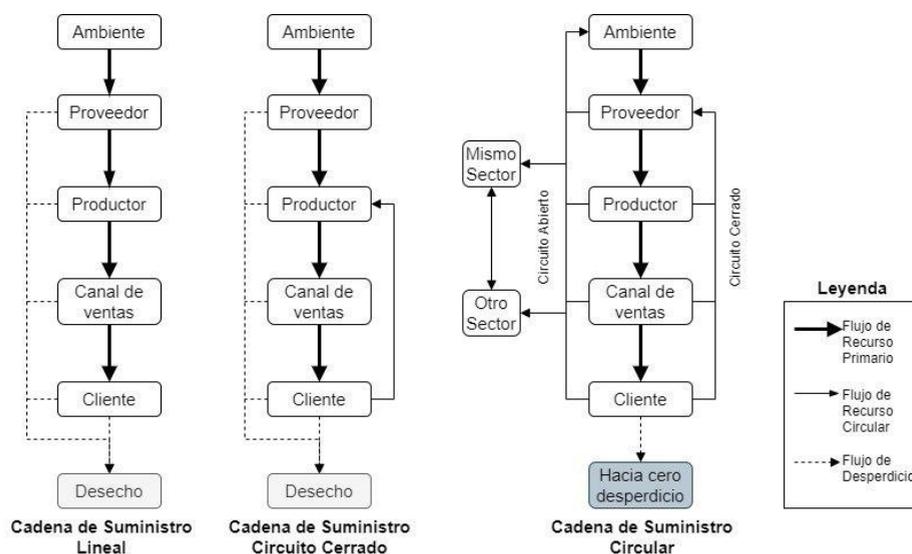


Fig. 2: Cadenas de suministro lineales, de circuito cerrado y circulares.

Fuente: Farooque, et al, 2019.

Una cadena de suministro lineal extrae recursos de la tierra, llamados recursos vírgenes, y los desecha en la última etapa de la cadena, cuando ya se ha acabado el ciclo. Una cadena de suministro de circuito cerrado mejora el desempeño ambiental al devolver bienes y materiales al productor para recuperar valor (Guide y Van Wassenhove, 2006). Sin embargo, esta clase de cadena no incluye cadenas de suministro secundarias, mientras que una circular va más allá al recuperar el valor de los desechos, dado que colabora con otras organizaciones dentro del sector industrial u otros sectores (Weetman, 2017). Por lo tanto, la economía circular ofrece un gran potencial para ayudar a las organizaciones a lograr avances en el desempeño de la sostenibilidad. Dicho aspecto se evidencia en la conclusión del Foro Económico Mundial (2014): “los modelos de negocios circulares obtendrán una ventaja competitiva cada vez mayor en los años venideros porque crean más valor en cada unidad de recursos. Los enfoques circulares, significan repensar y rediseñar sistemas complejos”.

A partir de lo anterior, se determina que en una cadena de suministro se pueden implementar proyectos con diferentes niveles de complejidad, lo cual abarca desde mejoras funcionales en sus diferentes niveles, hasta programas de cambio a gran escala con un alto impacto. En cualquier caso, el objetivo de los proyectos de una cadena de suministro es la de mejorar la competitividad. Además, “los proyectos son esfuerzos organizacionales desarrollados por y para personas, las cuales propenden por la generación de beneficios y la agregación de valor” (Rincón, 2020, p. 65) y, en adición, la dirección de la cadena de suministro resulta relevante en las operaciones que se realicen dentro y fuera de ella (Basu, 2011). Es importante resaltar que estas varían significativamente en complejidad y tamaño, pero sus principios fundamentales aplican a todas las operaciones.

2.4 Sector manufactura de la industria de alimentos

Uno de los sectores productivos en donde se ven proyectos complejos, y se puede aplicar a su vez la economía circular, es el sector de manufactura de la industria alimentaria. Las cadenas de suministro de dicha industria presentan productos de gran volumen y movimiento rápido, ya que son accesibles para los consumidores más que cualquier otro producto del mercado. Los productos alimenticios tienen ciertas características específicas referentes a la cadena de suministro, de las cuales las más relevantes son la vida útil, generalmente corta de los alimentos, los altos requisitos de trazabilidad y la presión en sus costos (Rodríguez, 2018). Por lo tanto, los desafíos de la industria alimentaria redundan en responder y adaptarse a circunstancias como atender rápidamente al cliente ante sus preferencias, ya que evolucionan rápidamente y se vuelven cada vez más exigentes y sofisticados. Así como tener la capacidad de vender productos que, por un lado, cumplan con los requisitos de la demanda en cuanto a precio, calidad y cantidad, y, a la vez, garanticen ganancias a lo largo del tiempo, lo que permitiría a las empresas tener un buen desempeño económico. Ello puede ser apoyado por proyectos que ayuden a mejorar la industria, haciéndola más competitiva a nivel de mercado (Bosona & Gebresenbet, 2011).

3. MARCO METODOLÓGICO

Para definir el marco metodológico de este capítulo, es necesario señalar que su diseño de investigación es de tipo cuantitativo. Aquí se busca tomar el fenómeno, tal como se da, para analizar su comportamiento (Hernández, 2016) frente a los factores determinantes de proyectos complejos y los elementos característicos de la economía circular en cadenas de suministro de la industria de alimentos. Igualmente, esta investigación es de clasificación transversal dentro de la forma no experimental, lo cual implica, según Hernández (2016), que en un único momento del tiempo se recolectan datos para ser analizados posteriormente, se toman las variables y se evalúan sus relaciones e incidencias frente al fenómeno analizado.

El diseño que se aborda en esta investigación es correlacional-causal de tipo transversal. Dicho diseño permite encontrar las relaciones que hay entre las variables que se estudian dentro de un contexto a evaluar (Hernández, 2016). De igual forma, se busca el sentido de causalidad de dichas relaciones considerando sus vinculaciones. Ello incluye el nivel exploratorio, que según Niño (2019), consiste en observar el comportamiento de las variables dentro de una situación dada; y el descriptivo, que hace indagaciones de las incidencias que se pueden determinar alrededor de las variables, y cómo se clasifican en diferentes niveles según sus características representativas (Bernal, 2016).

La metodología de carácter cuantitativo, que mide fenómenos utiliza estadística y se basa en planteamientos acotados (Hernández, 2016), es la que enmarca la presente investigación. Se inició con la revisión exhaustiva de la literatura sobre proyectos complejos, sus factores y características primordiales, a partir de los estándares del *Project Management Institute*, como base teórica de la investigación, para ser incorporada en el diseño de un modelo. Se consultaron, a su vez, referentes de revistas indexadas internacionales, así como textos sobre la complejidad en proyectos, y la economía circular, dentro del marco de las cadenas de suministro del sector de manufactura. Con dicha revisión de literatura se construyó la fundamentación teórica, en donde se dan a conocer las diferentes perspectivas de los autores consultados sobre las temáticas a abordar.

Después de la visualización del alcance metodológico de la investigación, se diseñó el instrumento, pieza fundamental para extraer la información necesaria de las organizaciones de la industria de alimentos que se encuentran seleccionadas, como las más grandes y con mejores rendimientos financieros según el informe económico de la Superintendencia de Sociedades (Superintendencia de Sociedades, 2020). De la aplicación de este instrumento, se obtuvieron variables numéricas para ser analizadas estadísticamente por medio de un tratamiento de correlaciones multivariadas con software, tales como SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) y R.

Finalmente, con los resultados de la fase anterior, se construyó el modelo en consideración a las distintas variables del estudio, extraídas de la fundamentación teórica sobre proyectos complejos y economía circular. En la Figura 3, se visualiza la metodología empleada en este estudio.

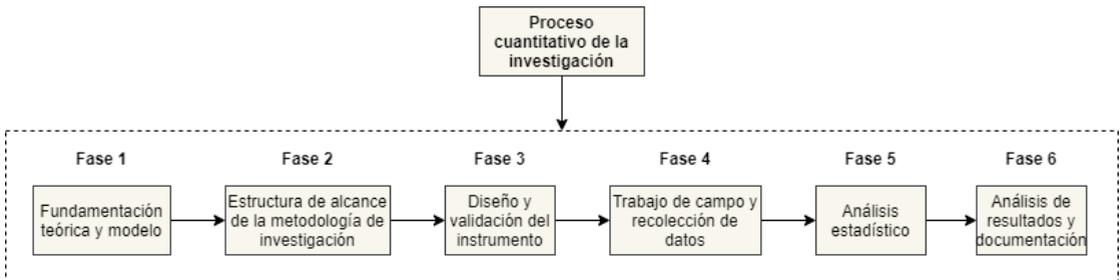


Fig. 3: Fases del marco metodológico de la investigación.

Fuente: propia con información de Hernández (2016); Rincón (2020).

4. RESULTADOS

Se tomó, como base fundamental para determinar la muestra del estudio, el informe de la Superintendencia de Sociedades (Superintendencia de Sociedades, 2020) de las 1000 empresas más grandes del país, en donde se presentan los resultados de su información financiera con corte al 31 de diciembre de 2019. La confiable fuente ayuda a validar el fortalecimiento empresarial gracias a los resultados operacionales respecto a los ingresos, ganancias y rentabilidad de las organizaciones. Se tomaron las empresas clasificadas dentro del sector de manufactura, registrándose 299 en total. Para luego filtrarlas y extraer el registro de 36 de ellas, referentes a la

industria de alimentos. Tales empresas se caracterizan por ser compañías en los departamentos del Valle, Antioquia, Cundinamarca, Córdoba, Caldas, Atlántico, Quindío, Cauca, Santander y Bogotá, cuyos ingresos operacionales registrados van desde \$1,771,701,513 a 162,300,049 pesos.

Se aplicaron 36 entrevistas a líderes con cargos directivos y de las áreas de proyectos y planeación, quienes respondieron a las preguntas del instrumento elaborado para el estudio, construido a partir de las temáticas abordadas en la investigación. Por medio de las entrevistas, desarrolladas telefónicamente para evitar sesgos y lograr los máximos niveles de respuesta entre los gerentes de las organizaciones, se acopió la información del instrumento para posteriormente codificarla en una plantilla elaborada. Los datos se ingresaron en el software SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) para determinar su confiabilidad mediante el alfa de Cronbach. Tal procedimiento estadístico logra estimar la confiabilidad de una prueba, evaluando su consistencia interna de un grupo de ítems (Cervantes, 2005). El coeficiente estimado arroja un valor de 0.84, el cual supera el 0.8 tal como se visualiza en la Figura 4, lo que demuestra que el instrumento aplicado a las organizaciones es adecuado y posee la confiabilidad necesaria para continuar con los análisis estadísticos.

Cronbach's Alpha
.840

Fig. 4: Alpha de Cronbach.

Fuente: Propia con información del programa R

Luego de verificar la confiabilidad del cuestionario, se cargó la plantilla de datos al programa R, con el fin de iniciar un análisis estadístico de matriz de correlaciones entre variables, que consiste en un análisis factorial para estudiar valores cuantitativos de un determinado número de variables. Para ello, se dividió la investigación en dos grupos de variables. El primer conformado por variables de proyectos complejos que se presentan en la Figura 5, y el segundo que corresponde a las variables de economía circular que se visualizan en la Figura 6. Con ello se pretendió buscar la correlación entre ambos grupos, es decir, las correlaciones bivariadas.



Fig. 5: Variables de Proyectos complejos.
Fuente: Propia con información de R 2020.

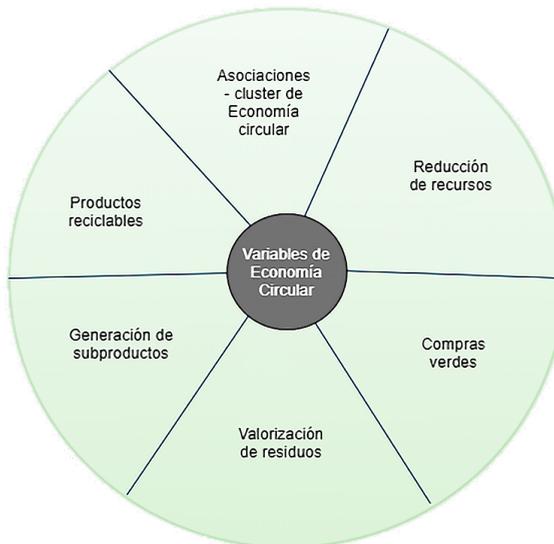


Fig. 6: Variables de Economía circular.
Fuente: Elaboración Propia.

Posteriormente, se realizó el análisis de componentes principales que se visualiza en la Figura 7. Dicho análisis se basa en mostrar información a partir de las combinaciones entre un grupo de variables. La técnica permite visualizar diferentes observaciones por medio de vectores ubicados en varias dimensiones de una esfera. Gracias a su ubicación se identifica información relevante sobre sus características, por ejemplo: si dos de ellas se encuentran muy próximas, quiere decir que hay una relación muy cercana, pero si muestran un ángulo de 90 grados, significa que una es independiente de la otra. Luego de extraer el análisis de componentes principales, resaltaron las correlaciones entre variables, que permiten una mejor interpretación del análisis de datos.

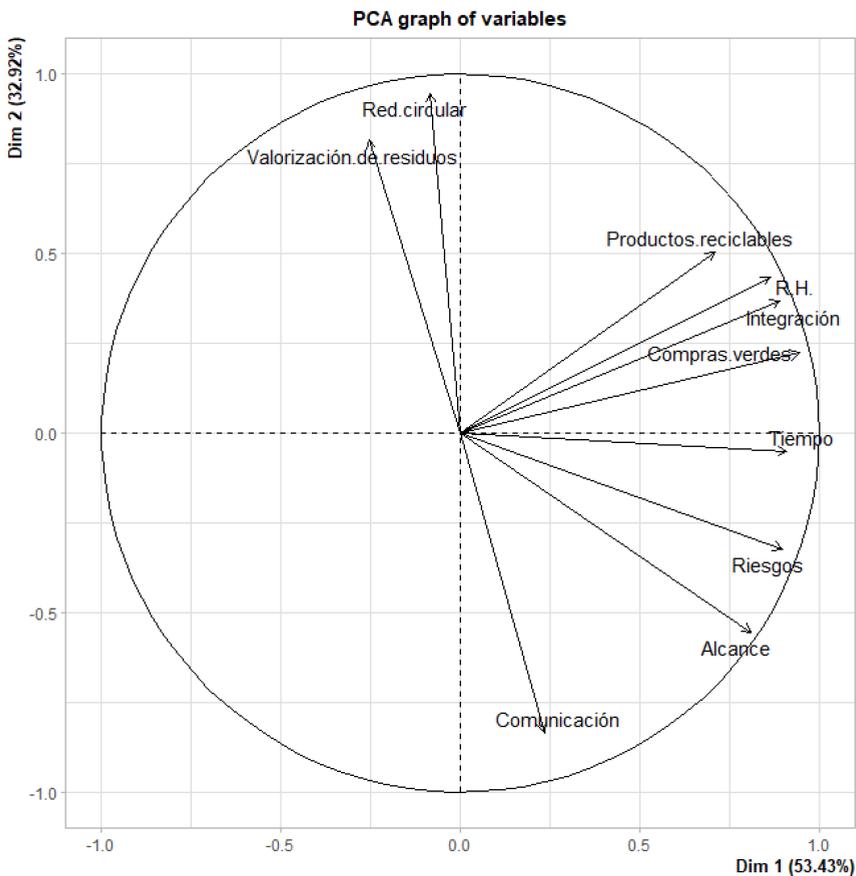


Fig. 7: Análisis de componentes principales de variables
Proyectos complejos y economía circular

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 7., se visualiza que la mayoría de las variables de investigación se encuentran expuestas dentro de la primera dimensión del gráfico con un peso de 53.43% entre ellas, direccionadas al mismo sentido, lo que indica la formación de un nuevo factor recolector de la mayor parte de la información. Por otro lado, un 32.92% es el peso equivalente para las variables ubicadas en el segundo cuadrante, inversa a la variable comunicación. Los vectores que representan compras verdes, integración, R.H. (Recursos Humanos) y productos reciclables, se visualizan bastante cercanos entre sí, razón por la cual se afirma una correlación entre dichas variables, de la misma manera que tiempo, riesgo y alcance.

Al presentarse dos ejes muy marcados en la gráfica de Componentes Principales de la Figura 7, se hizo el análisis del factor de economía circular, donde se identifica que las variables que muestran un comportamiento independiente son la red circular y valorización de residuos. Su dirección va en oposición con la dirección de la variable comunicación, que se encuentra en el cuarto cuadrante de la figura. Ello indica que, en la medida que se llevan a cabo actividades de valorización de residuos y enlaces de redes circulares, no se trabaja por una mejor comunicación con todos los involucrados en la cadena de suministro.

Con base en los resultados obtenidos del análisis de componentes principales, se construyen dos indicadores compuestos, uno para analizar el factor empresarial y el otro analiza el factor de economía circular con los datos extraídos de la dimensión 1 y 2 para cada variable. Dichos valores que los conforman representan su peso relativo. El primero hace referencia al Indicador compuesto del Factor Empresarial, ya que las variables más sobresalientes representan las capacidades necesarias para organizar y dirigir compañías. El segundo se refiere al Indicador compuesto de Economía Circular, puesto que sus variables son las más relevantes y con mayor peso de su grupo.

- Dim. 1. Indicador compuesto del Factor Empresarial: $0.889 * Integración + 0.810 * Alcance + 0.910 * Tiempo + 0.863 * Recursos Humanos + 0.233 * Comunicación + 0.897 * Riesgos + 0.233 * Comunicación + 0.950 * Compras verdes + 0.944 * Compras verdes + 0.708 * Productos reciclables - 0.084 * Red circular - 0.256 * Valorización de residuos.$

- Dim. 2. Indicador compuesto del Factor de Economía Circular:
 $0.336 * Integración - 0.554 * Alcance - 0.051 * Tiempo + 0.435 * Recursos Humanos - 0.834 * Comunicación - 0.324 * Riesgos + 0.966 * Comunicación + 0.223 * Compras verdes + 0.944 * Compras verdes + 0.503 * Productos reciclables + 0.944 * Red circular - 0.816 * Valorización de residuos.$

Dichos indicadores permiten una medición conjunta de las variables analizadas, lo que permite obtener ponderaciones acordes con la variabilidad observada. Cada una de ellas posee un porcentaje que sustenta su comportamiento en el vector que las representa en la Figura 7 de Componentes Principales.

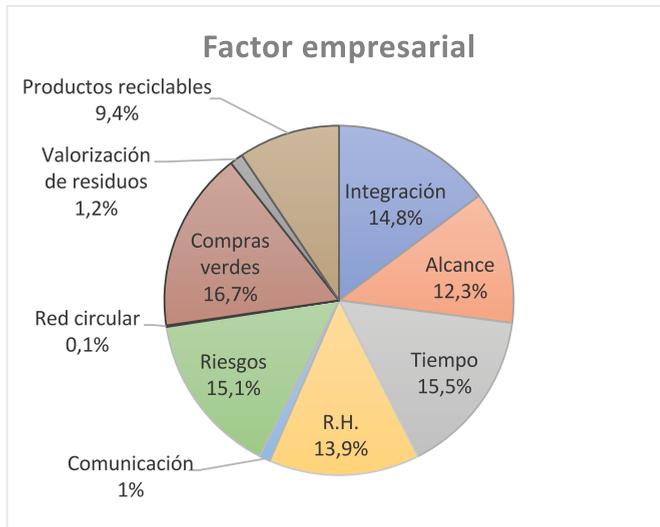


Fig. 8: Contribución porcentual de las variables del factor Empresarial

Fuente: Elaboración propia

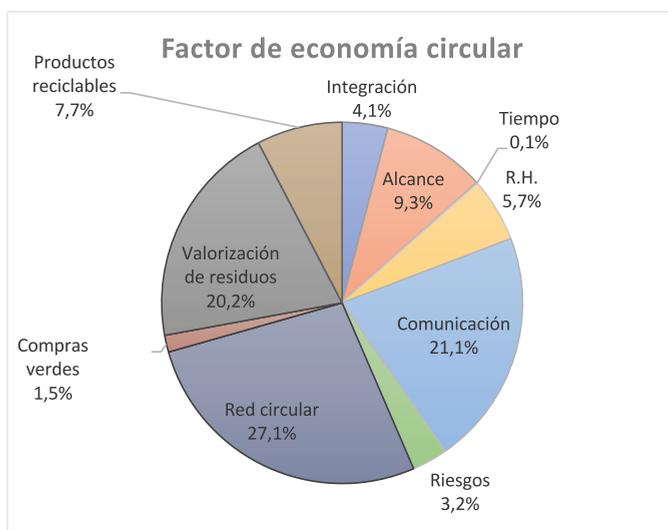
En la Figura 8., se visualizan las diferentes contribuciones porcentuales de cada una de las variables, lo que evidencia que las de menor representación son las variables de valorización de residuos, red circular y comunicación. Estas se encuentran ubicadas en cuadrantes diferentes al superior derecho de la gráfica de Componentes Principales.

Tabla 1: Datos de las contribuciones porcentuales de variables del Factor empresarial

Factor empresarial	Ctr
Integración	14.793%
Alcance	12.274%
Tiempo	15.489%
R.H.	13.940%
Comunicación	1.019%
Riesgos	15.056%
Red circular	0.132%
Compras verdes	16.684%
Valorización de residuos	1.226%
Productos reciclables	9.387%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 1., se aprecian las contribuciones de cada una de las variables del Factor Empresarial y se resaltan las de mayor peso, que corresponden a compras verdes con un 16.684% y Tiempo con un 15.489%.

**Fig. 9:** Contribución porcentual de las variables del factor Economía Circular

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 9., se observa la contribución porcentual de las variables del Factor de Economía Circular, lo cual denota que las variables Red Circular, Comunicación y Valorización de Residuos tienen el mayor porcentaje. El resultado se encuentra relacionado con los resultados presentados en la Figura 7.

Respecto a las contribuciones del Factor de la Economía Circular, las variables que más destacan, por su peso, son la red circular, comunicación y valorización de residuos que se aprecian en la Tabla 2., de las variables con un peso más bajo que las demás se identifican: la variable Tiempo, Compras Verdes, Riesgos e Integración.

Tabla 2: Datos de las contribuciones de variables del factor Economía Circular

Factor Economía circular	Ctr
Integración	4.078%
Alcance	9.322%
Tiempo	0.078%
R.H.	5.737%
Comunicación	21.118%
Riesgos	3.180%
Red circular	27.092%
Compras verdes	1.515%
Valorización de residuos	20.209%
Productos reciclables	7.671%

Fuente: Elaboración propia

También, se identifica del análisis de Componentes Principales que todos los datos se distribuyen en seis clústers, o agrupaciones, de manera equitativa en su número de componentes, de acuerdo con la gráfica de clústers jerárquicos que se visualiza en la Figura 10. Ello significa que cada grupo de la jerarquía de clústers presenta características similares, mediante las cuales se define su agrupación.

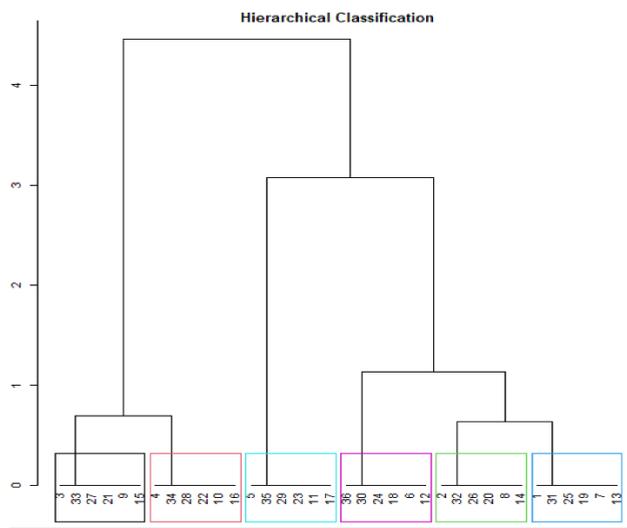


Fig. 10: Jerarquía de clusters

Fuente: Elaboración propia

Para complementar el análisis, se consideró hacer la revisión de la matriz de correlaciones de Pearson entre variables, extrayendo el P_valor, usado para indicar si el resultado observado en la correlación se debe o no a la casualidad, en otras palabras, para examinar la significancia estadística del resultado. Como es sabido, un P_valor inferior al nivel previamente establecido () indica que la correlación es significativa. En la Figura 11., se observan todas las relaciones identificadas entre las variables de la investigación.

Variables	Alcance	Comunicación	Integración	Productos Reciclables	R.H.	Red circular	Riesgos	Tiempos	Valorización de residuos	Volumen de compras verdes
Alcance	1	0.6396	0.5394	0.2976	0.4534	-0.5698	0.8528	0.76	-0.6997	0.6387
Comunicación	0.6396	1	0	-0.4187	-0.1519	-0.6682	0.5	0.297	-0.5791	0
Integración	0.5394	0	1	0.7945	0.9608	0.3381	0.6325	0.7515	0.061	0.8744
Prod. Reciclables	0.2976	-0.4187	0.7945	1	0.9188	0.2984	0.4187	0.4422	-0.009	0.7183
R.H.	0.4534	-0.1519	0.9608	0.9188	1	0.3248	0.6076	0.6618	0.0489	0.8518
Red circular	-0.5698	-0.6682	0.3381	0.2984	0.3248	1	-0.4009	-0.0794	0.8771	0.1232
Riesgos	0.8528	0.5	0.6325	0.4187	0.6076	-0.4009	1	0.8911	-0.3861	0.8065
Tiempo	0.76	0.297	0.7515	0.4422	0.6618	-0.0794	0.8911	1	-0.0956	0.9354
Valorización de residuos	-0.6997	-0.5791	0.061	-0.009	0.0489	0.8771	-0.3861	-0.0956	1	0.0074
Volumen de compras verdes	0.6387	0	0.8744	0.7183	0.8518	0.1232	0.8065	0.9354	0.0074	1

Fig. 11: Correlaciones de Pearson

Fuente: Elaboración propia

Con relación al análisis de Componentes Principales, y a las correlaciones de Pearson entre variables de la Figura 11, se identificaron las siguientes relaciones bivariadas importantes, que se pueden visualizar en las Figuras 12, 13 y 14. Cada una muestra la información referente al cuadrante de la gráfica que se señala, así como presenta las diferentes relaciones bivariadas más relevantes y destacadas.

En la Figura 12., se observa la relación estrecha entre la variable Recursos Humanos e Integración, con un Valor_P de la correlación de Pearson de 0.9608. Asimismo, se ve la cercanía entre R.H. (Recursos Humanos) y Productos reciclables, su valor_P corresponde a 0.9188. Otra relación significativa es la que se presenta entre R.H. y compras verdes, con un valor_P de 0.8518. Esta última presenta a su vez una correlación bivariada importante con la variable integración, con un valor_P de 0.8744. En la gráfica la derecha de la Figura 12, se aprecian los cuatro vectores juntos dirigiéndose al mismo sentido, quien presenta un mayor peso que las demás es la variable Recursos Humanos.

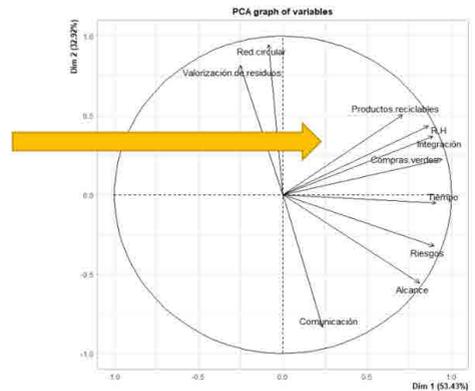
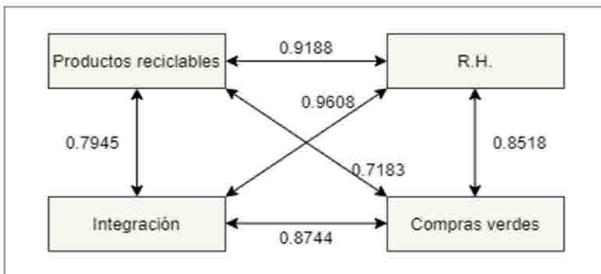


Fig. 12: P_valores entre relaciones bivariadas del primer cuadrante de Componentes Principales

Fuente: Elaboración propia

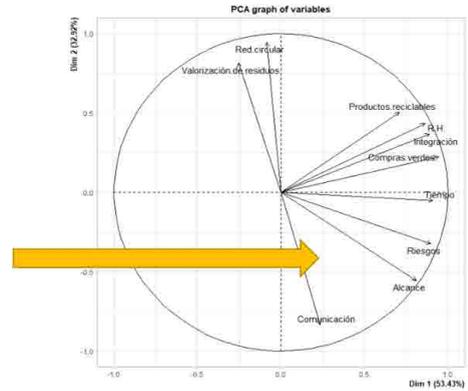
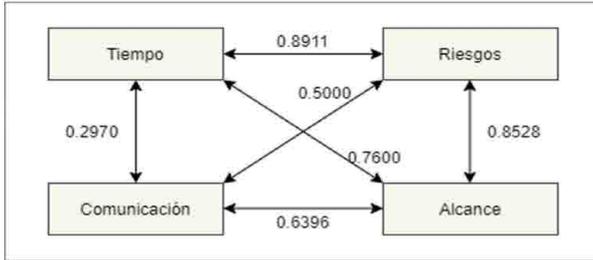


Fig. 13: P_valores entre relaciones bivariadas del cuadrante inferior derecho de Componentes Principales

Fuente: Elaboración propia

A partir de la Figura 13., se aprecian, en la parte izquierda, los valores_P de las relaciones entre las variables del cuadrante inferior derecho de la gráfica de Componentes Principales. Su más significativa relación se encuentra entre las variables riesgos y tiempo con un valor_P de 0.8911. En la gráfica derecha de la Figura 13 se visualiza la separación de la variable comunicación con respecto a las demás y esta, a su vez, se encuentra en dirección opuesta a las variables del segundo cuadrante de la gráfica. Por ello, se puede deducir que sus objetivos no van alineados con los objetivos de las variables de economía circular, por lo tanto, es necesario trabajar en conjunto para que la economía circular se conecte completamente con las organizaciones.

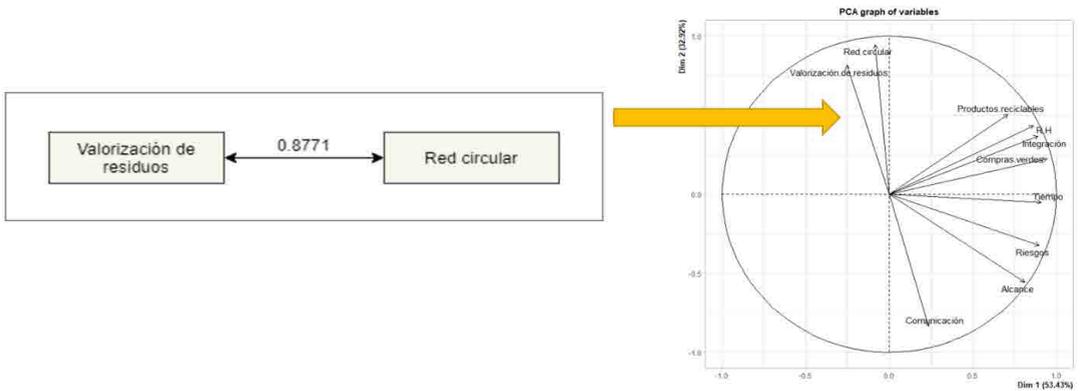


Fig. 14: P_valor entre relaciones bivariadas del segundo cuadrante de Componentes Principales.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 14., solo dos variables se ubican en el segundo cuadrante de la gráfica de Componentes Principales, y las dos hacen parte del grupo de variables de Economía Circular. Su correlación bivariada es significativa, con un Valor_P de 0.8771, razón por la cual, se infiere, que en la medida que se establecen redes y asociaciones buscando la circularidad en las organizaciones, se logra valorizar sus residuos ya sea fortaleciendo sus capacidades internas o contratando especialistas que apoyen dichas actividades de Economía Circular.

Por lo anteriormente expuesto, se construyó un diagrama de flujo en la Figura 15., donde se muestra el paso a paso para obtener el indicador compuesto de componentes principales basado en la matriz de correlaciones.

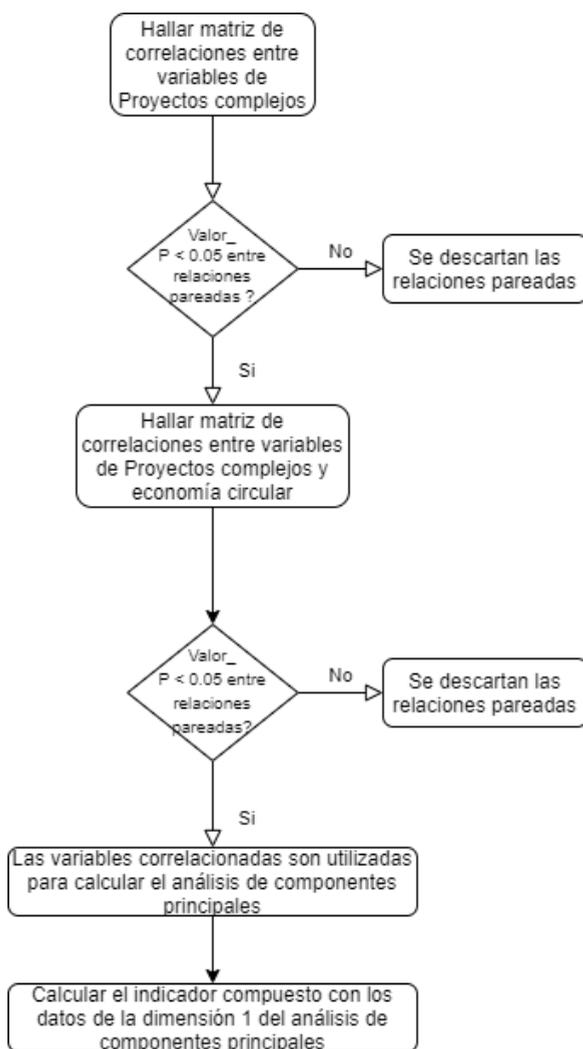


Fig. 15: Diagrama de flujo para calcular el indicador compuesto de análisis de componentes principales entre las variables de proyectos complejos y economía circular.

Fuente: Elaboración propia.

Después del análisis estadístico de correlaciones multivariadas, se propuso un modelo para las cadenas de suministro de la industria de alimentos que se visualiza en la Figura 16. Los elementos que lo componen se dividen en dos grandes grupos que deben ser considerados para abordar proyectos complejos desde una perspectiva de economía circular, puesto

que implican adoptar estrategias corporativas para llevar a cabo diferentes procesos productivos.

Respecto al modelo de la Figura 16., la parte inferior representa las variables que se deben considerar en proyectos complejos; y la sección superior muestra las variables que se deben tener en cuenta para hacer la transformación de una economía lineal a una circular dentro de una organización en la industria de alimentos. Se inició con las asociaciones a gremios y clúster relacionados con la economía circular, lo cual dio paso a valorizar los residuos, generar subproductos, diseñar productos reciclables, reducir recursos y adoptar compras verdes. En la Figura 16., se observa, por medio de una flecha que sale del centro del modelo, el recorrido que debe considerar una cadena de suministro para alcanzar la circularidad.

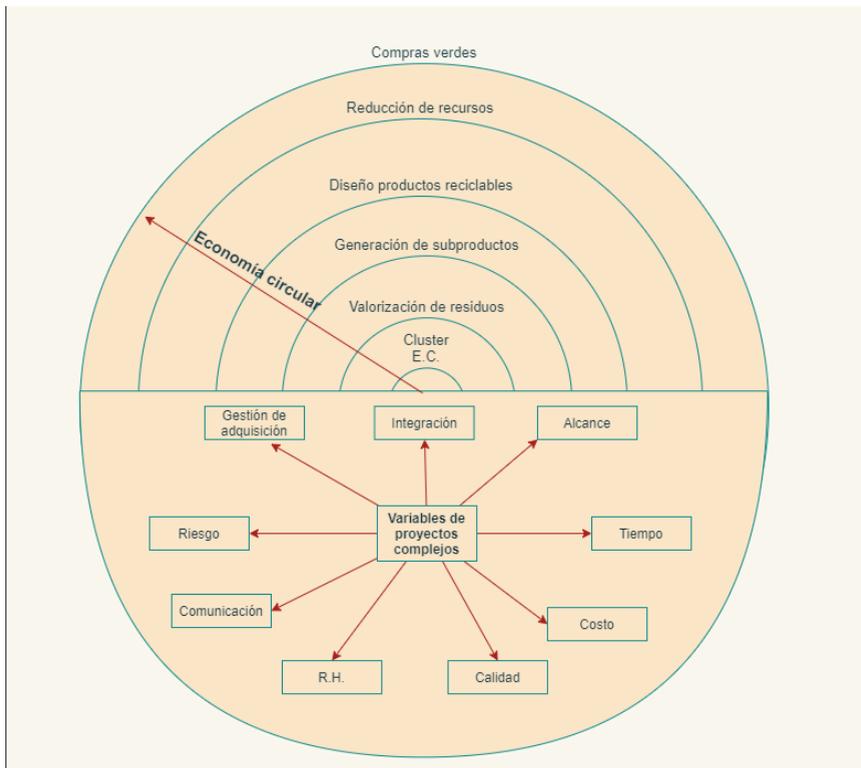


Fig. 16: Modelo integrador propuesto de Proyectos complejos y economía circular
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 17., presenta la propuesta del modelo con las variables de economía circular y proyectos complejos resultantes resaltadas en color rojo y verde de los datos de la investigación. Desde una perspectiva de economía circular, las organizaciones de la muestra adoptan compras verdes, uniéndose a redes circulares y diseñando productos reciclables, pero deben trabajar en la reducción de recursos y generación de subproductos asociados a la economía circular. Ello denota un manejo incipiente de la circularidad dentro de sus cadenas de suministro. Por lo tanto, es necesario adoptar planes de acción para dar mayor cobertura a las diferentes dimensiones que cubren la economía circular.

Desde una perspectiva de proyectos complejos es posible evidenciar la prioridad de todas las variables que se enuncian en la otra mitad del modelo, pero con una menor correlación entre ellas, las dimensiones de calidad, gestión de adquisición y costo. Lo cual se sustenta con el análisis estadístico de correlaciones multivariadas presentado anteriormente.

Las correlaciones entre variables de los dos grupos integrados permiten inferir que las cadenas de suministro de la muestra labran un camino hacia la sostenibilidad, a la vez que consideran al medio ambiente, en la medida que se adoptan estrategias como compras verdes y diseño de productos reciclables. También, se trabaja por tener una estabilidad económica al acoger estrategias como tiempo e integración, que permiten generar ahorros por medio de la optimización de los procesos, de tal forma que se busque el crecimiento económico. En adición, lo social se encuentra implícito en la dimensión de recursos humanos, comunicación y, en general, el trabajo consolidado entre todos los actores de la cadena de suministro. Desde la complejidad en las cadenas de suministro y la economía circular, se infiere como necesaria la sincronización en las diferentes actividades que implican circularidad en una compañía y, a su vez, los proyectos complejos que permitan alcanzar cierto nivel de entendimiento para manejar el sistema adecuadamente y mantenerse vigentes en el mercado.

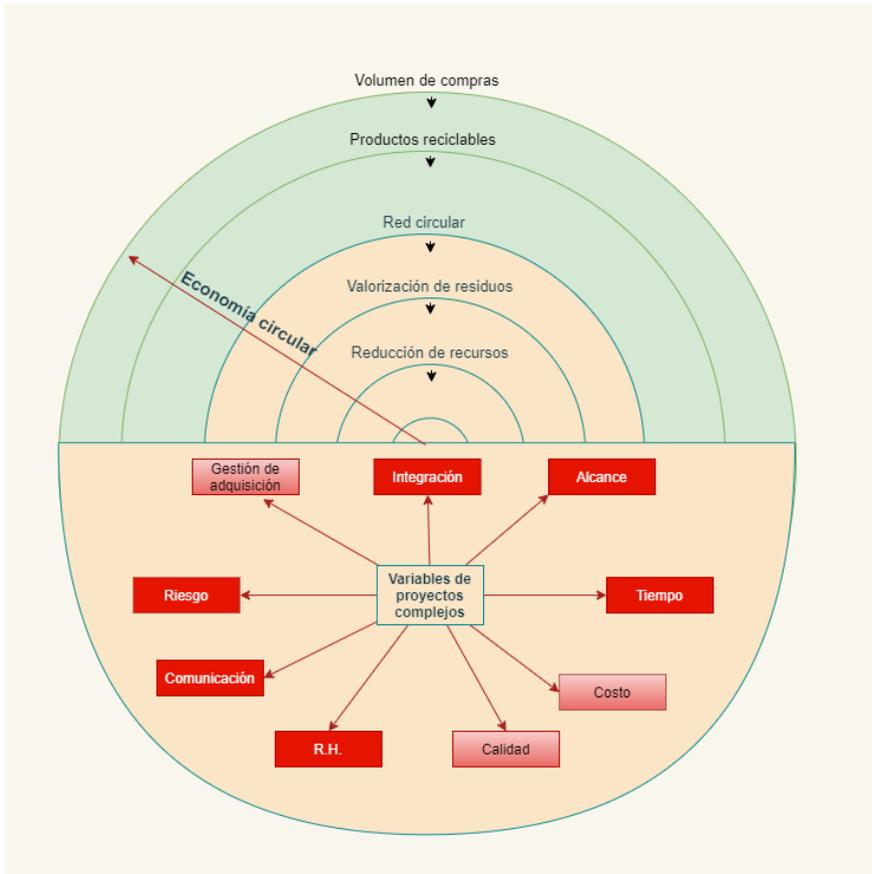


Fig. 17: Modelo integrador con variables destacadas de una cadena de suministro
Fuente: Elaboración propia.

5. DISCUSIONES

En el análisis estadístico las variables que se relacionan significativamente son las de Recursos Humanos, Integración, Productos Reciclables y Compras Verdes. Quien tiene el mayor P_valor entre ellas es la correlación bivariada de Recursos Humanos e Integración con 0.9608, seguida por la de Recursos Humanos y Productos Reciclables con un P_valor de 0.9188. De igual manera, en el estudio se aprecian las relaciones entre las de Riesgos, Tiempo y Alcance; la relación más significativa es entre Riesgos y Tiempo con un valor_P de 0.8911, seguido por Riesgos y Alcance con un valor_P de 0.8528.

Las correlaciones mostradas en la investigación dejan ver cómo las empresas encuestadas de la industria de alimentos trabajan por crear una estructura de colaboración en la cadena de suministro, lo cual, es fundamental para su respectiva gestión. La cooperación, el entendimiento mutuo y los esfuerzos conjuntos impulsarán a las compañías a mantenerse en el mercado, además de alinearse con la sostenibilidad, siempre y cuando sus acciones vayan encaminadas a contribuir económica, ambiental y socialmente. Así mismo, es necesario contar con un liderazgo que fortalezca el desarrollo mutuo de las diferentes capacidades de sus recursos (Sarmiento y Correa, 2020).

Lo anterior se evidencia al detectar las relevantes correlaciones bivariadas entre Productos Reciclables y Compras Verdes con los Recursos Humanos e Integración. Asociaciones significativas que dejan ver el énfasis colaborativo entre las partes de una cadena de suministro, en donde se percibe una red que permite el surgimiento de un ecosistema industrial que apunte a mantener el equilibrio sostenible en la comunidad. Lo cual, se alinea con el marco teórico del presente estudio, por ser una tendencia social que afecta la percepción del ser humano e influye en la toma de decisiones.

Según los resultados de las correlaciones de Pearson, la relación entre Recursos Humanos e Integración, coinciden con Anyosa (2008), en su planteamiento teórico de que los proyectos complejos son un entramado de sistemas. Una de las dimensiones que debe analizarse para simplificar la complejidad son los Recursos Humanos. Por lo tanto, la variable Integración se encuentra inmersa en un sistema conformado por la suma de las partes que la integran, y esta, a su vez, está directamente relacionada con todos los interesados, pues son ellos quienes construyen el todo. Si se quiere alcanzar objetivos en la consecución de un proyecto, es necesario que estas dos variables se entrelacen y busquen ventajas competitivas que marquen la diferencia en el mercado.

Por otra parte, considerando la premisa de que quienes lideran los proyectos no cuentan con suficiente claridad *Project Management Institute* (2014), dicho factor se relaciona con los resultados que se arrojan en el Factor Empresarial gracias al análisis de Componentes Principales, ya que la variable Comunicación presenta un comportamiento indepen-

diente y aislado al de las demás variables. Por lo cual, se percibe que dicha comunicación es lo faltante en los proyectos de las empresas entrevistadas, para tener mayor claridad en su dirección. Al trabajar por mejorar la comunicación al interior de las organizaciones se puede propender por ser más competitivos y adaptarse fácilmente al cambio.

En los proyectos actuales se presenta una alta incertidumbre, lo cual hace más difícil su ejecución y seguimiento. Esa premisa se relaciona directamente con los resultados obtenidos en una de las correlaciones bivariadas más significativas del estudio, donde Riesgos y Tiempo presentan una alta correlación. Ello valida la teoría planteada por el *Project Management Institute*, ya que el riesgo se asocia con la incertidumbre y esta, a su vez, integra la ambigüedad. Debido a esto, las empresas generan inseguridad ante la respuesta a un problema asociado al tiempo. Por lo tanto, es necesario buscar planes de acción para trabajar en la mejora de su ejecución y poder minimizar los riesgos implícitos en los proyectos complejos de las organizaciones.

Ahora bien, la industria alimentaria juega un papel importante en la sociedad y en la economía del mundo, ya que asegura cantidades de alimentos importantes y garantiza la calidad de ellos con altos estándares que deben ser controlados. Por esta razón, la complejidad en la de industria manufacturera viene implícita. La elaboración de productos y lo que conlleva, permite considerar las dimensiones de proyectos complejos. Tales dimensiones son las que se visualizan en la parte inferior del modelo, como lo son la Integración, Calidad, Tiempo, Costo, Alcance, Recursos Humanos, Comunicación, Riesgo y Gestión de Adquisición que deben adoptarse por las organizaciones (Anyosa, 2008).

6. CONCLUSIONES

La presente investigación, cuyo objetivo principal fue proponer un modelo integrado para proyectos complejos, en cadenas de suministro del sector manufactura de la industria de alimentos, desde una óptica de economía circular, se tuvo en cuenta una revisión de la literatura relacionada con proyectos complejos, una caracterización de las cadenas de suministro manufactureras, la definición de variables necesarias para el diseño del modelo integrado y un estudio estadístico para determinar

la validez de los datos e identificar particularidades sobre los proyectos complejos dentro de un contexto de economía circular.

En lo referente al objetivo de realizar una revisión de literatura, se encontraron relevancias en las categorías que conforman los proyectos complejos de una cadena de suministro, como el comportamiento humano, el comportamiento de sistemas y la ambigüedad. Ello, debido a su uso para analizar la complejidad de variantes sin dejar atrás la consideración de la diversidad de los stakeholders, los sistemas y a, su vez, la incertidumbre. Asimismo, tomando referentes teóricos sobre el concepto de cadena de suministro y su relación con proyectos complejos, se concluyó que son aquellas entidades que contribuyen al logro de los objetivos propuestos en los proyectos complejos desde sus diferentes áreas, buscando la cooperación entre organizaciones focalizadas hacia la sostenibilidad. Igualmente, se encontró, en la revisión literaria, que las interacciones internas resultan complejas pues afectan la percepción del ser humano e influyen en sus decisiones. En adición, cuando una cadena de suministro se integra y se transforma de manera sostenible, para reducir el uso de recursos y para cerrar el ciclo productivo, se habla de economía circular.

Con relación a la caracterización de las cadenas de suministro manufactureras, se concluyó que las organizaciones encuestadas se inclinan hacia el suministro verde y sostenible en compras verdes, productos reciclables, redes circulares y valorización de residuos, más que en otras actividades de la economía circular como la reducción de recursos, y generación de subproductos. Con respecto a los proyectos complejos existe un porcentaje mayor en las categorías de comportamiento humano y de sistemas que de ambigüedad, ya que para ellos es importante que los integrantes de una organización se encuentren motivados y comprometidos con los lineamientos y metas del proyecto. De igual manera, que el ambiente de trabajo sea interactivo, y de mucha dependencia entre recursos. También se observó que dan importancia a las variables como integración, alcance, tiempo, comunicación, riesgo y recursos humanos. Adicionalmente, se identificó, dentro de las características de las organizaciones encuestadas, una alta capacidad económica que les permite maniobrar con más recursos los proyectos complejos en los que quieren incursionar, aunque a su vez reflejan incertidumbre hacia ellos.

Con respecto a la definición de variables necesarias para el diseño del modelo integrado, en primer lugar, se consideraron los elementos claves de la revisión de la literatura que marcaron identificación de las variables iniciales del estudio. Posterior a ello, su definición se concluyó con los resultados obtenidos de la entrevista con las organizaciones, para luego validarlos estadísticamente. Asimismo, se determinaron dos grandes grupos de variables, uno para proyectos complejos y otro para economía circular. Con lo anterior, se construyó un modelo que orientará los elementos que las cadenas de suministro, del sector de manufactura de la industria de alimentos, a la hora de manejar proyectos complejos desde la economía circular. Luego, se resaltó los elementos significativos para la muestra, en donde se destacan, para el grupo de proyectos complejos, la integración, el alcance, el tiempo, recursos humanos, comunicación, riesgo en mayor medida que en costo y calidad; y para el grupo de economía circular fueron compras verdes seguido de productos reciclables, red circular y valorización de residuos.

Se identificaron, con respecto al estudio estadístico para determinar la validez de los datos, las características particulares alrededor de los proyectos complejos y economía circular, como las correlaciones bivariadas predominantes entre integración y recursos humanos, con un valor_P de 0.96 siendo el valor más alto obtenido entre todas las relaciones de los resultados arrojados; recursos humanos y productos reciclables con un valor_P de 0.91; compras verdes y recursos humanos con un valor_P de 0.85; tiempo y riesgos con un valor_P de 0.89; y valorización de residuos y red circular con un valor_P de 0.87, las cuales presentan mayor peso porcentual que las demás combinaciones. Aquí, se demostró el alto impacto en la muestra el suministro sostenible y la conciencia ambiental y comunitaria. Lo cual, también se evidencia en los resultados del Análisis de Componentes Principales, donde se observa la cercanía entre los vectores de las variables compras verdes, productos reciclables, integración y recursos humanos, lo que implica una relación directa entre ellas.

El modelo propuesto en la investigación sirve a las cadenas de suministro, del sector de manufactura de la industria de alimentos, que deseen analizar proyectos complejos en organizaciones enmarcadas en economía circular, cuyo objetivo sea propender a la sostenibilidad. Para ello, es

necesario tener en cuenta, en primer lugar, las variables identificadas en el estudio valoradas en la cadena de suministro, para posteriormente ingresarlas al software estadístico R y analizar los Componentes Principales, con el fin de ver el comportamiento de vectores en la esfera y sacar conclusiones de esto. Luego, se debe realizar un análisis de correlación de Pearson, con las variables más influyentes resaltadas en los Componentes Principales del Software estadístico, para ver los valores_P y determinar que variables se relacionan más. Finalmente, se toman aquellas con mayor significancia para establecer planes de acción que potencien su integración. Así como identificar qué variables se deben trabajar por su bajo nivel de correlación bivariada.

Con respecto a las limitaciones del estudio, se considera que al solo tomar una muestra del sector manufactura de alimentos, se excluyen otros sectores importantes en la economía colombiana interesantes para el análisis de los proyectos complejos en las cadenas de suministro. A partir de dicha limitación, se plantearon las preguntas para próximos estudios: ¿las empresas registradas en la Superintendencia de Sociedades con altos ingresos operacionales en Colombia, de todos los sectores de manufactura y que llevan a cabo proyectos complejos, tienden a implementar la economía circular, integrándose entre sí y transformándose para lograr ser sostenibles? ¿Analizar la complejidad de gestión en las cadenas de suministro, permitirá comprender cómo interactúan los factores de complejidad en una economía circular? ¿Cuáles son las interacciones críticas y más influyentes? Y ¿Cómo los desarrollos y la dinámica a corto y largo plazo cambian con el tiempo? Las investigaciones futuras deberán enfocarse en el desarrollo de nuevas herramientas en la gestión de complejidad para todas las tareas, y horizontes temporales, de las cadenas de suministro interconectadas, como las influencias que las ayudan a controlar. Con tal entendimiento, en el futuro será posible disminuir la incertidumbre que siente la industria de manufactura de alimentos hacia los proyectos complejos y la circularidad.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anyosa, V. (2008). Simplifying project complexity: beyond eating the elephant in small pieces. Paper presented at PMI® Global Congress 2008—Latin America, São Paulo, Brazil. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Basu, R. (2011). *Managing Project Supply chains*. GOWER. ISBN: 978-1-4094-2515-1.
- Bernal, C. (2016). *Metodología de la Investigación*. Editorial Pearson Education.
- Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2011). Cluster building and logistics network integration of local food supply chain. *Biosystems Engineering*.108(4), 293-302.
- Cervantes, V. (2005). Interpretaciones del coeficiente Alpha de Cronbach. *Avances en medición*, 3, 9 – 28.
- Elia, V., Gnoni, M., & Tornese, F. (2020). Evaluating the adoption of circular economy practices in industrial supply chains: An empirical analysis. *Journal of cleaner Production* 273. Recuperado de: <https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1016/j.jclepro.2020.122966>
- Farooque, M., Zhang, A., Thurer, M., Qu, T. & Huisingh, D. (2019). Circular Supply Chain Management: A definition and structured literature review. *Journal of Cleaner Production* 228, 882-900.
- Feller, A., Shunk, D., & Callarman, T. (2006). Value Chains Versus Supply Chains, *BPTrends*. Recuperado de: <http://www.bptrends.com/publicationfiles/03-06-ART-ValueChains-SupplyChains-Feller.pdf>
- Guide, V.D.R., Jr. and Van Wassenhove, L.N. (2006), Closed Loop Supply Chains: An Introduction to the Feature Issue (Part 1). *Production and Operations Management*, 15: 345-350.

- Handfield, R & Ernest, L. (1999). *Introduction to supply chain management*. Prentice-Hall.
- Hernández, S. (2016). *Metodología de la investigación 6ta. Edición*. McGraw-Hill.
- Meyer, C. & García, E. (2019). Success Factors for Supply Chain Management Projects: An Empirical Analysis, *IFAC-Papers Online*, 52, (13),153-158. ISSN 2405-8963.
- Niño, V. (2019). *Metodología de la Investigación*. Editorial Editores de la U.
- Production and Operations Management*. 15(3), 345-350.
- Project Management Institute PMI (2017). *A Guide to the Project Management Body of knowledge (PMBOK Guide) – Sixth Edition*. Pennsylvania, USA.
- Project Management Institute PMI. (2014). *Navigating Complexity a practice guide*. Pennsylvania, USA.
- Rincón, C. (2020). Los equipos de trabajo y su impacto en el desempeño de los proyectos en Colombia. En *Gerencia de proyectos e interesados* (1.ª ed., pp. 39–64). Tunja: UPTC. Tunja: UPTC
- Rincón, C. (2020). Los equipos de trabajo y su impacto en el desempeño de los proyectos en Colombia. En *Gerencia de proyectos e interesados* (1.ª ed., pp. 39–64). Tunja: UPTC.
- Rodríguez, E. (2018). Identificación de prácticas en la gestión de la cadena de suministro sostenible para la industria alimenticia. *Pensamiento y gestión* 45, ISSN 1657-6276.
- Sahay, B, & Gupta, A. (2003). Development of software selection criteria for supply chain solutions. *Industrial Management & Data Systems*, 103 (2), 97-110.

- Sarkis, J, & Sundarraj, R. (2000). Factors for strategic evaluation of enterprise information technologies. *International Journal of Physical Distribution & Logistics* 30, 196-220.
- Sarmiento, J., y Correa, C. (2020). *Gestión de proyectos aplicada al PMBOK 6ed.* Editorial UPTC.
- Seuring y Muller (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16, 1699-1710.
- Superintendencia de Sociedades (2020). Informe de las 1000 empresas más grandes del país. Recuperado de: <https://www.supersociedades.gov.co/Noticias/Paginas/2020/Supersociedades-presenta-el-informe-de-las-siguientes-9-000-empresas-mas-grandes-del-pais.aspx>
- Weetman, C. (2017). *A circular economy handbook for business and supply chains.* Koganpage. ISBN: 978 0 7494 7675 5
- World Economic Forum, (2014). Towards the Circular Economy, WEF. Recuperado de: <https://www.weforum.org/reports/towards-circular-economy-accelerating-scale-across-global-supply-chains>

RECURSOS Y CAPACIDADES ORGANIZACIONALES CLAVES PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS COMPLEJOS EN EMPRESAS MINERAS DE BOYACÁ - COLOMBIA

Estudio preliminar

Rodríguez Cañas, Gonzalo A.¹; Díez Silva, H. Mauricio²; Castro Silva, Hugo F.³

¹ *Facultad de Ingeniería, Escuela de Administración de Negocios.*
garodriguez@universidadean.edu.co.

² *Facultad de Ingeniería, Escuela de Administración de Negocios.*
hdiez@universidadean.edu.co.

³ *Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.*
hugofernando.castro@uptc.edu.co.

1. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo analiza la situación actual, en cuanto a la identificación de los recursos y capacidades determinantes, para la gestión de proyectos complejos en un grupo de empresas mineras ubicadas en Boyacá – Colombia, las cuales son las mayores productoras de carbón térmico en el departamento. El principal propósito del trabajo de investigación es dimensionar los recursos y capacidades organizacionales actuales que las empresas utilizan para la adecuada gestión de proyectos complejos, adicionalmente, se pretende establecer un panorama general de las organizaciones ubicadas en el sector, y cómo podrían verse beneficiadas de la mejora en la gestión de sus proyectos. Finalmente, se busca evaluar las brechas frente a algunos factores y procesos requeridos para implementar en ellas mejores prácticas en la gestión de los proyectos.

Para el desarrollo del estudio se utilizó un enfoque cuantitativo, con alcance descriptivo, a través de la aplicación de una encuesta a líderes de proyectos. Los principales resultados de la investigación han permitido establecer cómo los recursos financieros y la infraestructura física son primordiales para el desarrollo de los proyectos complejos. De igual manera, el involucramiento de la alta dirección y el uso de indicadores de gestión son considerados como capacidades importantes en la gestión de proyectos complejos.

Actualmente, las empresas enfocan sus esfuerzos en la generación de valor mediante la mejora constante de sus procesos, debido a ello, surgen nuevas dinámicas como la proyectización, donde se pretende optimizar los esquemas de costos y métodos de trabajo para obtener mejores resultados financieros y operacionales. La potencialización de recursos y capacidades organizacionales, puestas al servicio de los proyectos, constituyen un reto al que se enfrentan especialmente los directivos en escenarios de complejidad, pues llevan a un mejor uso de los factores productivos y a la implementación de prácticas en procesos clave de gestión como elemento determinante para su desarrollo.

De acuerdo con el Project Management Institute (2014), los elementos claves de la organización, que generan impacto en la dirección de proyectos complejos, se encuentran asociados con el liderazgo, la adecuada gestión de portafolios de proyectos, la colaboración, el rendimiento de los indicadores, el impacto de las estructuras organizacionales, el análisis de la brecha de recursos y las competencias del equipo de trabajo. Así mismo, Grant (1991) propone recursos fundamentales con los que debe contar una organización y los segmenta en tangibles, intangibles y humanos, los cuales convergen, con las características enunciadas, en la gestión de proyectos complejos.

Según lo descrito, resulta importante determinar la forma en que las organizaciones usan sus recursos y capacidades, sobre todo, aquellas que desarrollan proyectos complejos, pues una mejora en ellos puede optimizar recursos. En el presente estudio, se realiza un abordaje de segundo tipo, es decir, estableciendo variables en función de elementos de mayor uso a partir de la experiencia de literatura científica. En tal sentido, conviene mencionar los trabajos realizados por Assaf y Al-Hejji (2006), quienes manifiestan como el bajo rendimiento en los proyectos

se relaciona con la escasez de recursos y bajas capacidades de las organizaciones que los ejecutan.

Otros estudios de diferentes contextos geográficos, relacionados con utilización de recursos y capacidades en la dirección de Proyectos, resaltan la importancia de hacer ese tipo de mediciones (Hermano y Martín, 2016; Li y Teo, 2014; De Reik, Grushka, Lokett, Calderini, Moura y Sloper, 2005). En muchos casos, los resultados de los estudios de adopción alertan la relación directa entre los resultados obtenidos en los proyectos complejos y los recursos y capacidades con los que cuenta la empresa.

Este capítulo se divide en cuatro secciones: la primera es una revisión de la literatura centrada en los temas básicos de la investigación, como la gestión de proyectos complejos y la teoría de los recursos y capacidades; la segunda describe la metodología diseñada e implementada por los autores para alcanzar los objetivos y garantizar la validez y confiabilidad de los resultados; la tercera describe los resultados obtenidos de la aplicación de instrumentos de recolección de información, basados en los objetivos planteados; y, finalmente, la cuarta enuncia los hallazgos, conclusiones y limitaciones de la investigación.

Como objetivo general de la investigación, se ha propuesto determinar los recursos y capacidades claves para la adecuada gestión de proyectos complejos en empresas mineras del sector de Boyacá – Colombia. Los objetivos específicos se asocian con la revisión de la literatura respecto de la temática investigada, así como el levantamiento de información mediante encuestas a gerentes de proyectos del sector, para finalmente categorizar dichos recursos y capacidades claves.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Los recursos de una organización son definidos como factores con el potencial para generar un beneficio económico (Galbreath, 2005), se encuentran categorizados en tangibles e intangibles (Grant, 1991), quienes a su vez tienen subdivisiones que permiten una aproximación más detallada a los mismos y han sido usados extensamente en investigaciones previas (e.g. Hall, 1992; Wellbourne & Wright, 1997; Fahy,

2002). La Tabla 1., presenta las divisiones de las categorías enunciadas previamente:

Tabla 1: Recursos organizacionales

Tangibles	Físicos
	Financieros
Intangibles	Humanos
	Tecnológicos
	Reputacionales

Fuente: Propia, basado en Grant (1991)

Los recursos tangibles incluyen factores con valor financiero o físico cuantificado en los estados financieros (Galbreath, 2005), pueden ser vistos como propiedad, planta y equipos que contribuyen de producción y distribución de bienes y servicios (Dollinger, 2008). En ese sentido, los recursos tangibles cuentan con características asociadas a los futuros beneficios que puedan llegar a generar a la organización, pueden tener temporalidad frente a la perspectiva que se tiene sobre su enajenación y su valor se afecta por su uso u obsolescencia.

Los recursos físicos, en la medida que sean eficientes, proveen ventajas competitivas sostenibles (Foss, 1997), donde se incluyen terrenos, edificaciones, planta, equipamiento, maquinaria y herramientas, los cuales contribuyen a generar beneficios (Inmyxay y Takahashi, 2010). Tales recursos físicos, en la medida en la que cuentan con altos componentes de tecnología, se espera que generen un incremento en los beneficios de la empresa, pues contribuirán con la eficiencia de los proyectos. La Figura 1., muestra de acuerdo con Foss, los principales elementos que integran la teoría basada en los recursos.

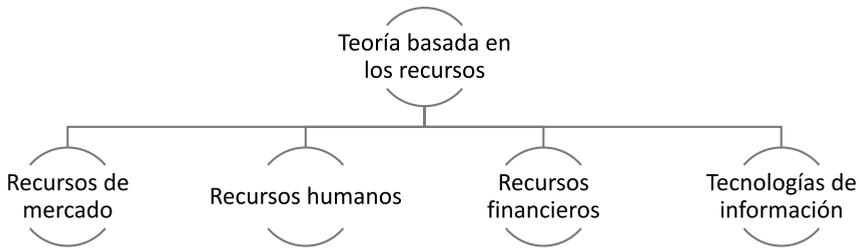


Fig. 1: Teoría basada en los recursos
 Fuente: *Propia basado en Foss (1997)*

Sin embargo, los recursos físicos por sí mismos son insuficientes para el logro de los objetivos de una organización. Un segundo tipo de recursos tangibles son los recursos financieros, los cuales incluyen, entre otros, elementos contenidos en los estados financieros relacionados con los activos corrientes. Dentro de ellos, se encuentran elementos asociados con la liquidez financiera, fondos operacionales, préstamos bancarios y generación interna y externa de fondos, necesarios para operar en condiciones de estabilidad, pues de su adecuado uso depende en buena medida el éxito de las organizaciones. Frente a los recursos intangibles existen múltiples ópticas sobre su definición, sin embargo, estudios relacionados con la búsqueda de un concepto integrado que recopile diferentes puntos de vista han dado como resultado interesantes aproximaciones, es así como Gerhald (2007), propone:

“Los intangibles son recursos estratégicos de la firma que permiten crear valor sostenible, no están disponibles para un gran número de empresas (raros). Conducen a beneficios potenciales futuros los cuales no pueden ser tomados por otros (apropiación), y no son imitables por los competidores, o sustituibles usando otros recursos. No son negociables o transferibles en los mercados de factores (inmovilidad) debido al control corporativo. Por su naturaleza de intangibles no son físicos, ni financieros, no se encuentran incluidos en los estados financieros, y tienen una vida finita. Para convertirse en un activo intangible incluido en los estados financieros, estos recursos necesitan estar claramente vinculados a los productos y los servicios de una empresa identificables desde otros recursos, y convertirse en un resultado rastreable de operaciones pasadas”. (págs. 1518-1519)

Las características principales que deben poseer los recursos intangibles, se asocian a su poca, o nula, imitación para evitar ser copiadas

por los competidores (Wade y Hulland, 2004), no sustitución o transferencia pues los competidores no deben tener un recurso equivalente (Gerhald, 2007), deben ser raros pues no deben ser fácilmente asequibles a los competidores (Gerhald, 2007). Adicionalmente, incluyen todo tipo de activos no físicos, procesos organizacionales, atributos firmes, información y conocimiento que una empresa puede utilizar para mejorar su desempeño (Barney, 1991).

Los recursos humanos, definidos por Wright, McMahan y Williams (1994), son el conjunto de capital humano bajo el control de la empresa en una relación laboral directa, que coadyuvan al cumplimiento de las metas organizacionales. Dicho tipo de recursos generan ventajas competitivas sostenibles a la empresa, pues las habilidades cognitivas de los individuos presentan relaciones positivas con el rendimiento en el trabajo. Esas habilidades permiten la adaptabilidad y flexibilidad que la organización requiere, así pues, es posible afirmar que este tipo de recursos presenta características asociadas con la imposibilidad de imitación, la rareza y la imposibilidad de sustituirlos. La Figura 2., presenta el modelo de recursos humanos definido como base de la ventaja competitiva sostenible.



Fig. 2: El recurso humano como motor de la ventaja competitiva sustentable

Fuente: Propia basado en Wright, McMahan y Williams (1994)

Los recursos tecnológicos constituyen hoy en día un elemento primordial en el desarrollo de los modelos de negocio. El acceso a software de calidad, por ejemplo, permite a una empresa generar procesos más eficientes ya sean misionales o de apoyo, la dependencia de este tipo de recursos se ha vuelto alta, pues genera ventajas competitivas en el mercado. En ese sentido, Silverman (1999), indica que las empresas que desean entrar en nuevos mercados basan dicha entrada en la capacidad de uso que tienen de estos recursos tecnológicos, dada la ventaja comercial que ello ofrece.

Los recursos reputacionales, según O'cass y Sok (2014), facilitan procesos de marketing, tales como precio, promoción y distribución. La ausencia de reputación por parte de una empresa implica ausencia de crecimiento, pues su mercado será reticente a la adquisición de productos y servicios que no cuenten con características adecuadas. Uno de los elementos con los que cuentan los recursos reputacionales es que deben ser construidos, no comprados, lo cual genera una barrera de copia por parte de los competidores.

El siguiente aspecto se relaciona con el concepto de capacidad organizacional, el cual cuenta con diferentes acepciones. Sin embargo, para el desarrollo del presente trabajo, se referencia lo expuesto por Winter (2000), quien manifiesta que consiste en una rutina(s) de alto nivel que, en conjunto con el proceso de asignación y combinación de los insumos, ofrece a la gerencia de la organización alternativas de decisión para producir salidas (outputs) de un determinado tipo. Cabe notar Winter (2000) también manifiesta, posteriormente, cómo algunos aspectos conceptuales de la definición aún no son resueltos. O'rgan y Ghobadian (2004) presentan algunos ejemplos de capacidades, los cuales se pueden apreciar en la Figura 3.

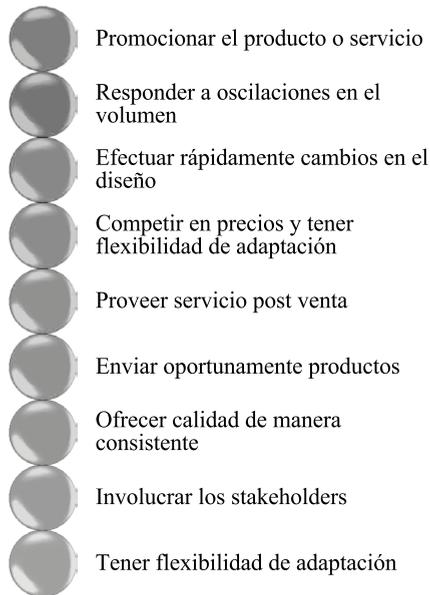


Fig. 3: Capacidades organizacionales

Fuente: Propia basado en O’regan y Ghobadian (2004)

En términos administrativos, la gestión ha tenido diferentes acepciones. En el presente documento se usará el concepto planteado por Chiavenato (2003), definido como el proceso de planear, organizar, integrar, direccionar y controlar los recursos (intelectuales, humanos, materiales, financieros, entre otros) de una organización, con el propósito de obtener el máximo beneficio o alcanzar sus objetivos. Por otro lado, la estrategia ha sido definida por varios autores a lo largo del tiempo, es así como Grant (1991), propone su función como el “match que una organización hace entre sus recursos internos y habilidades... y las oportunidades y riesgos creados por su entorno externo” (Grant, 1991, pág. 122). De igual manera, Porter (2011), la define como:

“... un calce entre las actividades de una empresa. El éxito de una estrategia depende de realizar bien muchas cosas –no sólo unas pocas– e integrarlas entre sí. Si no existe un calce entre las actividades, no hay una estrategia distintiva ni mucha sustentabilidad. La administración vuelve a la tarea más sencilla de supervisar funciones independientes, mientras que la eficacia operacional determina el desempeño relativo de la organización”. (pág. 115)

La gestión estratégica combina las definiciones previas en dos grandes dimensiones de estudio, por un lado, se encuentra la asociada con el entorno competitivo, cuyo principal referente es Michael Porter con su teoría estructural. Por otra parte, se encuentra la relacionada con la visión basada en recursos, guiada por la teoría de los recursos y capacidades (Wernerfelt, 1984; Barney, 1991). En ese sentido, la teoría de los recursos y capacidades basa el concepto de éxito empresarial en la capacidad de las organizaciones en la generación de rentas, así como en la obtención y mantenimiento de la ventaja competitiva (Grant, 1991). El presente documento define esta segunda óptica como elemento primordial para el desarrollo de la investigación. La Figura 4., presenta las capacidades empresariales en función del éxito empresarial.

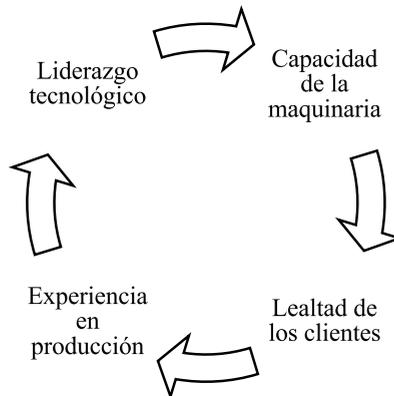


Fig. 4: Capacidades empresariales requeridas para el éxito
Fuente: Propia basado en Wernerfelt (1984)

La teoría de recursos y capacidades tiene su fundamento en el concepto de gestión estratégica tratado anteriormente, autores como Penrose (1959), abordan elementos fundantes relacionados con la empresa y sus fines, como el rol de los gerentes frente a empresas vistas como un paquete de recursos y los recursos subutilizados, y no utilizados, como motores del crecimiento la diversificación y la innovación. Andrews (1977), incorpora elementos asociados con la estrategia corporativa y el despliegue de recursos específicos acumulados, mientras que Nelson y Winter (1982) efectúan sus aportes relacionados con la organización e integración de los recursos mediante las capacidades organizacionales, a fin de generar productividad y competitividad.

Aunado a lo anterior, Wernerfelt (1984), expuso la relevancia de los recursos y capacidades organizacionales en la búsqueda de generación y mantenimiento de beneficios. En la década de los noventa Peteraf (1993), propuso las ventajas de la teoría de recursos y capacidades, y sus aplicaciones a la estrategia corporativa. Grant (2006), propuso la relación existente entre recursos y capacidades organizacionales, ventajas competitivas, factores sectoriales clave y la estrategia de la firma; en la Figura 5., se puede observar la interacción que concebía el autor.

El adecuado uso de los recursos, tanto tangibles como intangibles, mediante su gestión en escenarios de incertidumbre, es lo que puede constituir una ventaja competitiva para las organizaciones. De hecho, el valor económico que se le agrega a una empresa, desde la perspectiva de los mercados de capitales, puede definirse por las habilidades que permiten la entrega de bienes y servicios en mejores condiciones que las de la competencia.

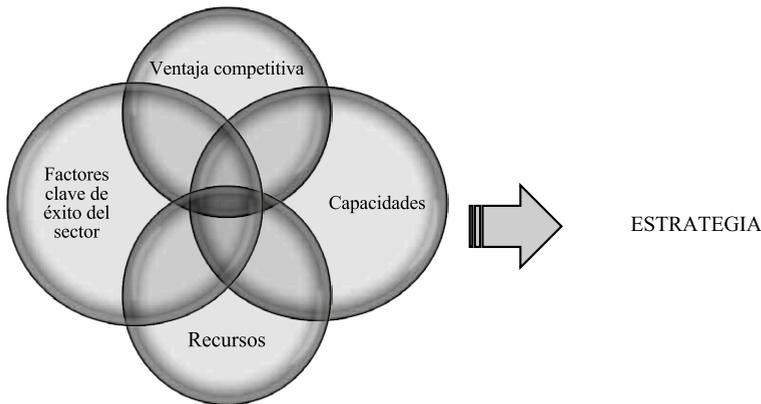


Fig. 5: Interacción entre recursos y capacidades organizacionales

Fuente: Propia basado en Grant (2006)

Otro aspecto a tener en cuenta son los proyectos complejos, los cuales, según Baccharini (1996), constan de muchas partes variadas e interrelacionadas, que operan en términos de diferenciación por el variado número de elementos e interdependencias, a razón del grado de conectividad entre dichos elementos. Jones y Deckro (1993), definen la complejidad técnica en la interacción de tres conceptos: la variedad de tareas, el grado de interdependencia de las tareas y la inestabilidad de los supuestos

en los que se basan dichas tareas. Para Williams (1999), la complejidad puede caracterizarse por dos dimensiones: incertidumbre estructural e incertidumbre. La Figura 6., describe esta caracterización.

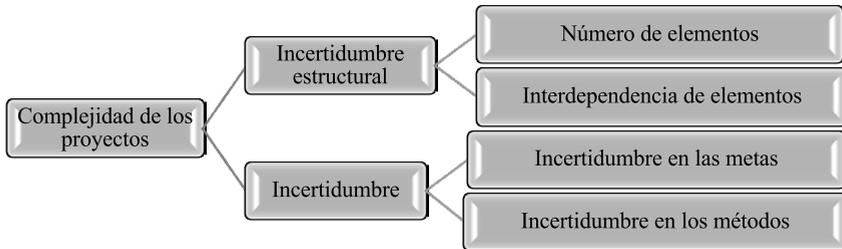


Fig. 6: Dimensiones de la complejidad de los proyectos

Fuente: Propia, adaptada de Williams (1999)

En cuanto a los estándares de dirección de proyectos, el marco donde se desenvuelven es variado. Existen algunos basados en procesos, algunos otros tienen fundamento en las organizaciones y otros tantos en las personas que dirigen o interactúan con los proyectos (Crawford, 2007), con el paso del tiempo se han desarrollado nuevos documentos que dan cuenta de la manera de dirigir proyectos con características particulares. Para el caso concreto de los proyectos complejos, Kerzner y Belack (2010), indican que surgen cuando elementos como tamaño, tasa de cambio monetario, incertidumbre en los requerimientos, incertidumbre en el alcance o los entregables, interacciones complejas, dispersión geográfica u otros factores de estas características, interactúan en conjunto. La Figura 7., denota los elementos principales para que un proyecto sea considerado complejo.

De igual manera, el estándar desarrollado por el Project Management Institute, denominado Navigating complexity (2014), propone que puede existir una agrupación de las causas de la complejidad, que tienen que ver con el comportamiento humano, el comportamiento del sistema y la ambigüedad. El comportamiento humano genera complejidad en la medida en que actitudes pueden ser consecuencia de cambio en las relaciones de poder, experiencias y perspectivas, que dificulten la identificación de metas y objetivos.



Fig. 7: Elementos clave de los proyectos complejos
 Fuente: propia, adaptada de Kerzner y Belack (2010)

Frente al comportamiento del sistema, los programas y proyectos son interdependientes, la complejidad surge cuando existen desconexiones entre sus componentes. En cuanto a la ambigüedad, definida como la falta de claridad o comprensión, se pueden dar problemas asociados con múltiples interpretaciones de un mismo fenómeno. Elementos vinculados con las causas se plantean en la Figura 8.

Comportamientos humanos	Comportamientos del sistema	Ambigüedad
<ul style="list-style-type: none"> • Comportamientos individuales • Comportamientos grupales, organizacionales y políticos • Comunicación y control • Diseño organizacional y desarrollo 	<ul style="list-style-type: none"> • Conectividad • Dependencia • Dinámicas del sistema 	<ul style="list-style-type: none"> • Incertidumbre • Aparición de cambios no anticipados

Fig. 8: Causas de la complejidad en los proyectos
 Fuente: propia, adaptada de Navigating Complexity (2014).

Aunado a lo anterior, la gestión de portafolios de proyectos presenta un alto grado de complejidad, pues, desde su definición, se plantea que un portafolio es “una colección de proyectos, programas, portafolios subsidiarios y operaciones administradas como un grupo para lograr objetivos estratégicos” (PMI, 2017). Algunas de sus características son: los componentes pueden estar relacionados o no, ser independientes o interdependientes, tener objetivos relacionados o no y, en lo pertinente a la investigación, competir por una parte o la totalidad de recursos escasos. La Figura 9., presenta el contexto organizacional de la gestión de portafolio.



Fig. 9: Contexto de gestión de portafolios

Fuente: Propia, adaptada de *The standard for portfolio management (2017)*

Frente a las competencias que debe manejar un gerente de proyectos, el Centro internacional para la gestión de proyectos complejos [ICCPM por sus siglas en inglés] propone una serie de aspectos con los que se deben tratar, entre ellos la incertidumbre, la complejidad inherente, el caos, la aparición de cambios no anticipados y aprendizajes de doble bucle (revisión periódica). En cuanto a las características propias de los proyectos complejos, propone como poseen cierto grado de desorden, inestabilidad, recursividad, incertidumbre, aleatoriedad y complejidad dinámica, en donde las partes de un sistema pueden reaccionar (ICCPM,

2012). Los elementos principales abordados por este estándar son: Pensamiento basado en sistemas de integración, estrategia y gerencia de proyectos, planeación de negocios, gestión del ciclo de vida, reporte y medición del desempeño, cambio y travesía, innovación, creatividad y trabajo inteligente, arquitectura organizacional, liderazgo y comunicación, cultura y comportamiento humano, y probidad y gobernanza. La Figura 10., da cuenta de lo expuesto anteriormente.

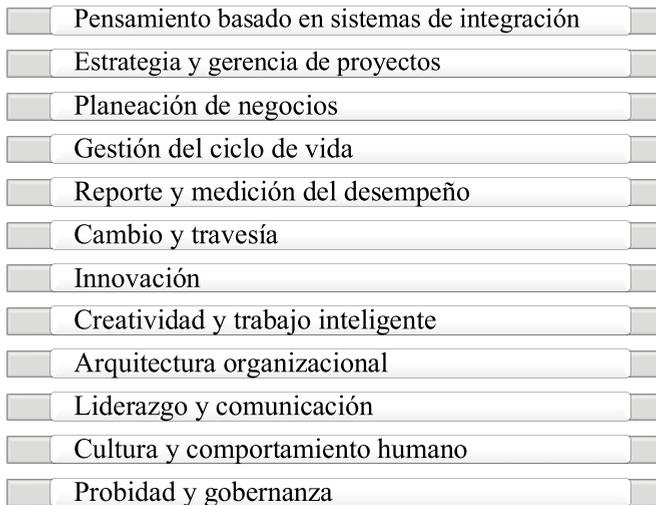


Fig. 10: Principales elementos de la gestión de proyectos según el ICCPM

Fuente: Propia

Remington y Pollack (2007), proponen que, como atributos fundamentales de los proyectos complejos, deben considerarse la interconexión, la jerarquía, la comunicación, el control y la emergencia. Aunado a lo anterior, existen otros elementos que deben ser tenidos en cuenta, como la aparición de nuevas propiedades asociadas a las interacciones del sistema, las cuales no pueden ser percibidas si se analizan los componentes individuales. Igualmente, la transición de las fases del proyecto como respuesta a las condiciones cambiantes, la no linealidad en cuestiones de adaptabilidad a los entornos cambiantes en los que se desenvuelven los proyectos, y la densidad sencilla en condiciones iniciales vista como el “efecto mariposa” que genera un componente dentro del proyecto.

Hagan Bower y Smith (2011), hacen una propuesta relacionada con la gestión de proyectos complejos en entornos de multiproyectos y dos años después el Project Management Institute, una organización internacional sin ánimo de lucro dedicada al estudio de la dirección de proyectos, en su informe del pulso de la profesión del año 2013, entregó pautas relacionadas con la forma en la que deben desenvolverse los gerentes en entornos complejos. En el año 2014, libera dos estándares relacionados con la complejidad en el manejo de proyectos o conjunto de proyectos, The Standard for Program Management, y The Standard for Portfolio Management (PMI, 2014) y propone modelos de gestión para escenarios de complejidad [actualizados en el 2017].

Adicionalmente, en ese mismo año, entrega una guía denominada Navigating Complexity, que coadyuva a la gestión de proyectos complejos. Posteriormente se han realizado aproximaciones a sectores específicos como el de la salud, Eray, Haas y Ryside (2019), presentaron un modelo para medir la salud de los interesados en proyectos de construcción, así mismo, Song y Hao (2020), presentaron modelos estructurales interpretativos para proyectos de ingeniería, procura y construcción, desde los riesgos. En la Figura 11., se presentan los principales hitos relacionados con la gestión de proyectos complejos.

Frente a la actividad minera, se desarrolla desde la perspectiva de proyectos, pues dada la naturaleza de recursos disponibles para la explotación finitos, constituye “un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (PMBOK, 2017). De igual manera, tiene características de complejidad, pues presentan ciertos niveles de incertidumbre, así como imprevisibilidad en el desarrollo de la actividad. Así mismo, existe una gran cantidad de interesados y su costo y tamaño demandan gran cantidad de recursos. De acuerdo con lo anterior, la actividad minera debe ser gestionada desde la perspectiva de proyectos complejos, para lo cual existe un cuerpo de conocimiento que da cuenta de los aspectos fundamentales que deben ser tenidos en cuenta para ello.

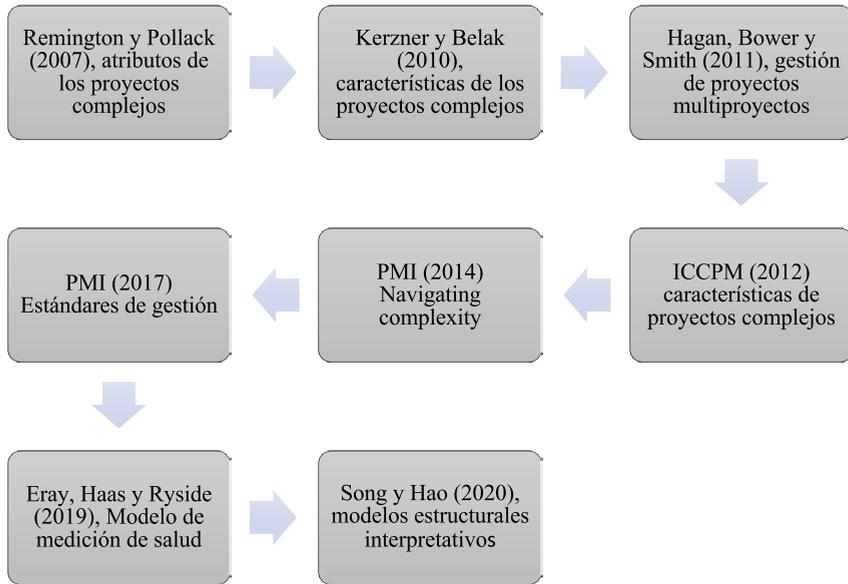


Fig. 11: Principales hitos relacionados con la gestión de proyectos complejos

Fuente: Propia

3. METODOLOGÍA

El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo, pues desea estimar la magnitud de los fenómenos estudiados. La recolección de datos se fundamenta en la medición, y dichos datos son presentados como números (Hernández & Torres, 2019), así mismo, su alcance es descriptivo, pues desea identificar una serie de características, y es de tipo aplicado ya que aborda una problemática asociada a un sector productivo. Para el desarrollo de la investigación, se realizó una fundamentación teórica, posteriormente un trabajo de campo con 34 gerentes de proyectos de las empresas clasificadas como proveedores mineros por la Unidad de Planeación Minero-Energética del departamento de Boyacá – Colombia. Por lo cual, resulta importante anotar que la muestra seleccionada tiene en un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Subsecuentemente, se realizó un análisis estadístico de los datos obtenidos, para, finalmente, documentar los resultados obtenidos. Todo lo anterior basado en metodologías estándar aplicadas para documentos

como los desarrollados por Rincón-González (2019). En la Figura 12., se observa el proceso llevado a cabo.



Fig. 12: Metodología

Fuente: Propia, adaptada de Rincón-González (2019)

En cuanto a las fuentes de información utilizadas para la fundamentación teórica, se usaron las bases de datos de Scopus y web of science, igualmente fue usado el buscador Google scholar y, usando parámetros de citación, se seleccionaron los artículos de mayor relevancia. Para el diseño metodológico, se usó un análisis de correlación entre variables observadas en términos de la magnitud y el signo obtenidos. El trabajo de campo se realizó mediante la aplicación de una encuesta semiestructurada a diferentes gerentes de proyectos, y se indagó sobre elementos asociados con la complejidad de los proyectos que desarrollan en función de la etapa en la que se encuentran en la cadena de valor de la minería, y frente al uso de recursos y capacidades utilizados para el adecuado desempeño de los mismos. Para el análisis de los datos recolectados, se hizo uso del software estadístico SPSS y de hojas de cálculo. Finalmente, la documentación de resultados se dio a través del análisis de ellos para obtener conclusiones del estudio.

4. RESULTADOS

El presente segmento consta de cuatro partes, la primera relacionada con lo observado en las principales bases de datos científicos frente a la evolución de la temática tratada en el presente documento; la segunda, se enfoca en el análisis de los datos obtenidos como consecuencia del desarrollo de la encuesta realizada y un análisis de conglomerados, el cual consiste en dividir un conjunto de objetos en grupos que permita definir perfiles de similitud en los objetos; en la tercera parte, a partir de los resultados obtenidos, se determinan los recursos claves con los que

debe contar un proyecto complejo para su adecuado desempeño; y en la cuarta, se categorizan los recursos y capacidades clave previamente identificados.

Para la revisión de literatura, en la base de datos web of science, se correlacionaron los conceptos tratados previamente: gestión, proyectos complejos, recursos y capacidades entre otros. Allí se encontró que son abordados con mayor frecuencia desde el año 2013, por la gerencia de proyectos. La Figura 13., presenta las interacciones que se dan entre dichos elementos, evidenciando el interés por parte de la comunidad científica sobre estos temas, pues de ellos depende el logro de los objetivos propuestos a nivel empresarial y de proyectos.

Como se aprecia, el fuerte vínculo entre el management y el project management se deriva, principalmente, de la conexión conceptual que existe entre ellos. Así mismo, los recursos organizacionales presentan una estrecha relación con las dos categorías previas, pues de la adecuada gestión de dichos recursos depende el éxito de una organización o de un proyecto. Conceptos como capacidades y capacidades dinámicas presentan una relación con ítems como la optimización y el citado project management.

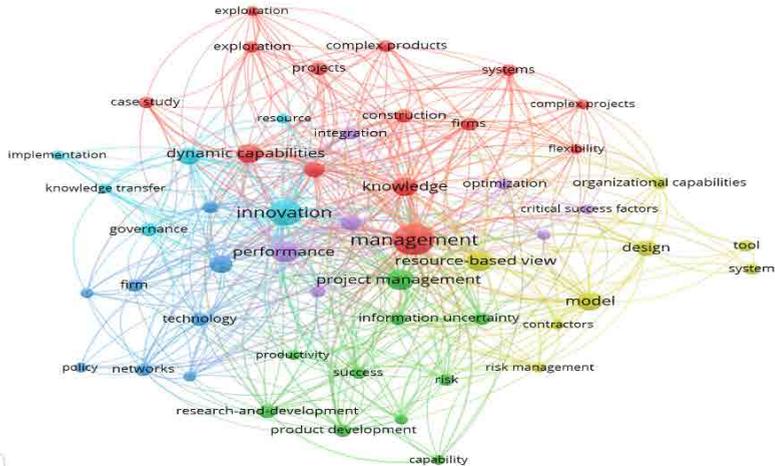


Fig. 13: Mapa bibliométrico de gestión de proyectos complejos y los principales temas de investigación

Fuente: Propia, a partir de datos de web of science

Para la búsqueda en la base de datos Scopus se utilizaron los mismos criterios. La Figura 14., muestra los resultados obtenidos, donde se aprecia que elementos como las capacidades se encuentran vinculados al concepto de gestión de proyectos, así mismo aprecia el auge que ha tenido la temática en diversos campos de la ciencia y de actividades consideradas, por su naturaleza, como complejas.



Fig. 14: Mapa bibliométrico de gestión de proyectos complejos y los principales temas de investigación

Fuente: Propia, a partir de datos de Scopus

La cadena de valor del sector minero en Colombia tiene como característica principal su división en cuatro segmentos principales: la exploración, la explotación, el beneficio del producto y el transporte (UPME, 2012). Es así como los gerentes de proyectos encuestados indican que diez de ellos llevan a cabo sus proyectos en el área de exploración, treinta y dos tienen proyectos en explotación y trece en el segmento de beneficio, mientras que veintiséis tienen operaciones en transporte. La Figura 15., muestra lo descrito anteriormente.

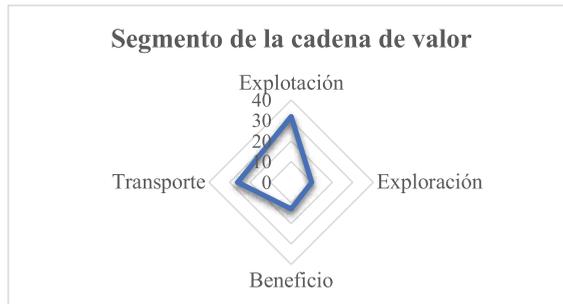


Fig. 15: Segmentos de la cadena de valor
Fuente: Propia, basada en UPME (2012)

Como ya se mencionó, las principales características de los proyectos complejos se asocian con la incertidumbre, la imprevisibilidad, la diversidad de interesados en el proyecto, y el costo y tamaño de los mismos. Una vez indagados los encuestados sobre cuáles de estas características consideraba que eran las más importantes, se obtuvo como resultado que el 100% de ellos estima que el costo y el tamaño constituyen la principal característica de los proyectos que desarrollan, el 100% considera que la incertidumbre forma parte del desarrollo de los proyectos que gestionan, el 88% manifiesta que la imprevisibilidad forma parte del devenir de sus proyectos y el 18% define la diversidad de interesados como el principal elemento a trabajar en términos de complejidad. La Figura 16., presenta los resultados obtenidos.

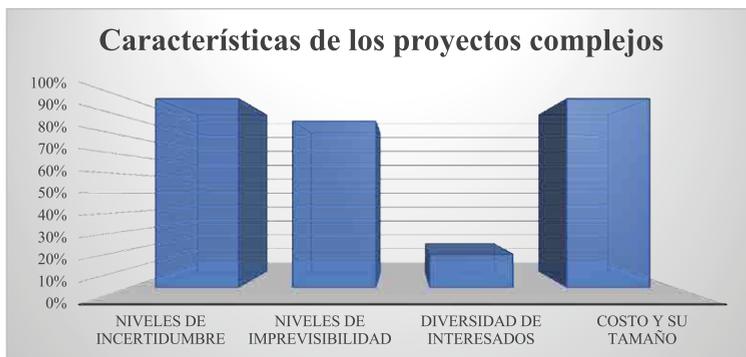


Fig. 16: Principales características de proyectos complejos
Fuente: Propia, basada en Williams (1999), Grant (2006), Kerzner y Belack (2010) y Navigating Complexity (2014),

Sobre las capacidades organizacionales, se encontró que ninguno de los encuestados considera de poca o sin ninguna importancia listada. Específicamente por ítem, diecinueve gerentes describen que el involucramiento de la alta dirección es muy importante, los restantes quince lo consideran importante. De los treinta y cuatro gerentes de proyectos encuestados, veinticuatro de ellos indican que la comunicación efectiva entre interesados es importante, veintitrés estiman el liderazgo y el uso de indicadores de medición como importantes. En menor proporción se establecen capacidades tales como colaboración entre los integrantes del proyecto con un 56% de dichos gerentes, claridad frente a los eventos acontecidos con 44%, la cultura de la calidad con 41% y la colaboración por parte de los interesados y la experticia por parte de los involucrados con un 38%. Concatenado con lo anterior, se catalogan como moderadamente importantes, por la mayoría, elementos como la cultura organizacional, con el 71%, la comprensión de las dinámicas, con un 65%, y la cultura de la calidad, con un 59% de los encuestados.

En cuanto a los recursos organizacionales, dieciocho gerentes consideran que la infraestructura física es muy importante para el desarrollo de los proyectos, treinta consideran el recurso financiero muy importante, once manifiestan como muy importante el recurso humano, y la misma cantidad indica que la infraestructura tecnológica es importante para el éxito de estos. La Figura 17 expone lo descrito anteriormente.



Fig. 17: Principales recursos usados en proyectos complejos
Fuente: Propia, basada en Grant (1991)

En el análisis estadístico, parte de la definición de las variables que intervienen en el proceso, se encuentra que existen algunas con características ordinales, como los recursos y capacidades, puesto que se indagaron mediante el uso de una escala Likert sobre su importancia en el adecuado desempeño de los proyectos realizados. Otras tienen características nominales como el segmento de la cadena de valor, en el cual se desarrollaron los proyectos o las características principales de complejidad asociadas a dichos proyectos. La Figura 18., detalla lo expresado.

Para el desarrollo de la investigación, se definieron recursos y capacidades considerados primordiales en el desarrollo de proyectos mineros. La Tabla 2., presenta los seleccionados de acuerdo con las necesidades de los proyectos complejos, que desarrollan actividades de minería en la región de Boyacá – Colombia y permiten el logro de los objetivos planteados.

Tabla 2: Recursos y capacidades utilizados en proyectos complejos

Reputación ejecutores	Colaboración interesados en el proyecto	Uso de indicadores medición desempeño
Involucramiento alta dirección	Cultura de proyectos	Planes de estímulo al talento humano
Liderazgo	Cultura de la calidad	Experticia de involucrados en proyecto
Claridad frente a los eventos	Colaboración entre integrantes	Comprensión dinámicas componentes
Flexibilidad para ajustarse a los cambios	Comunicación efectiva entre interesados	Cultura organizacional
Gestión del conocimiento		

Fuente: Propia, basada en los datos obtenidos

Ahora bien, una vez calculadas las correlaciones entre las características de los proyectos complejos y el segmento de la cadena de valor en donde se desarrollan, se puede apreciar que la diversidad de interesados es significativa en el segmento de la exploración, lo anterior debido a que, a mayor cantidad de interesados, mayor es la explotación del mineral. De igual manera, se evidencia que para el segmento de explotación, ocurre lo contrario, pues a mayor cantidad de interesados disminuye el interés en la explotación, debido a la fuerte competencia que puede generarse. La imprevisibilidad es inversamente proporcional en el segmento de transporte, debido a que en el departamento de Boyacá

existe un clúster de esta actividad en la ciudad de Sogamoso, por tanto, la diversidad de empresas transportadoras de minerales y carga en general, y su conocimiento del negocio, permiten que se cuente con experticia en el campo.

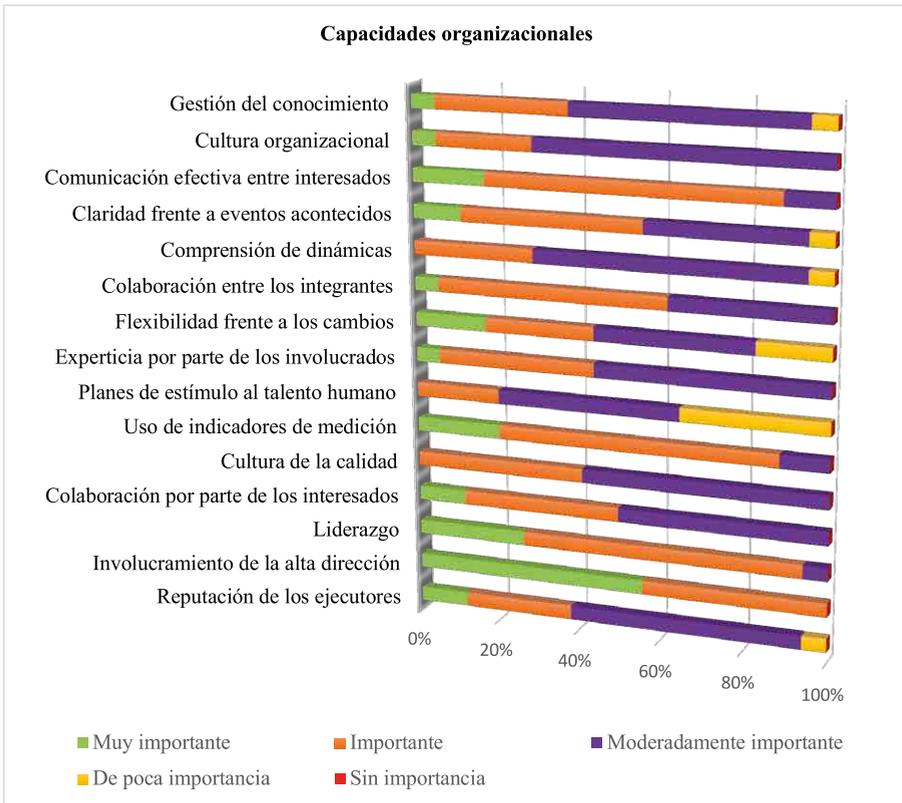


Fig. 18: Principales capacidades usadas en proyectos complejos

Fuente: Propia, basada en Winter (2000)

En términos de incertidumbre, principalmente, se presentan correlaciones negativas en las etapas de explotación, beneficio y transporte, pues, ante la ausencia de carbón, la obtención de beneficios económicos derivados de la actividad se reduce. Hay una excepción en la etapa de exploración, dado que el agotamiento de yacimientos existentes lleva a la necesidad de buscar nuevas minas que permitan que el recurso proveniente de ellas continúe siendo una fuente de ingresos importante para la región.

En cuanto a costos y tamaño del proyecto, se observa que en tres de las cuatro etapas, explotación beneficio y transporte, existen correlaciones positivas. Ello se debe, principalmente, a que a mayor tamaño de proyectos existentes, se requieren mayores esfuerzos en las mencionadas etapas, por lo tanto, para la fase de exploración el costo representa una barrera para el desarrollo de la actividad. La Tabla 3., ofrece los resultados obtenidos.

Tabla 3: Correlación entre características de los proyectos complejos y el segmento de la cadena de valor

	Ítem	Exploración	Explotación	Beneficio	Transporte
Características de los proyectos complejos	Incertidumbre	0,236	-0,091	-0,088	-0,203
	Imprevisibilidad	0,236	-0,091	0,287	-0,203
	Diversidad interesados	0,717	-0,540	0,271	-0,107
	Costo y tamaño	-0,040	0,212	0,047	0,107

Fuente: Propia, basada en los datos obtenidos

Al revisar la relación existente entre los recursos organizacionales y los componentes de la cadena de valor, de los proyectos complejos de minería en el departamento de Boyacá, se puede apreciar que, en el segmento de exploración, los recursos financieros, el recurso humano y la infraestructura tecnológica presentan correlación negativa, debido a que este tipo de actividad es cada vez más especializada y se lleva a cabo por parte de empresas tercerizadas a la operación de la organización, lo que lleva a que los recursos sean destinados a otro tipo de actividades misionales.

En el segmento de explotación, la infraestructura física es inversamente proporcional al desarrollo de la actividad en cuestión. Para el segmento de beneficio y para el segmento de transporte, la infraestructura física presenta correlación negativa, pues son actividades que no requieren intensivamente este tipo de recursos. La Tabla 4., describe lo enunciado.

Tabla 4: Correlación entre recursos y segmentos de la cadena de valor

	Ítem	Exploración	Explotación	Beneficio	Transporte
Recursos en proyectos complejos	Infraestructura física	0,075	-0,607	-0,488	-0,431
	Recursos financieros	-0,236	0,091	-0,287	0,203
	Recurso humano	-0,423	0,308	-0,270	-0,118
	Infraestructura tecnológica	-0,494	0,313	-0,691	-0,318

Fuente: Propia, basada en los datos obtenidos

En cuanto al análisis correlacional entre las capacidades organizacionales y los segmentos de cadena de valor, se encuentran significativo que, en la medida en la que aumenta la comprensión de las dinámicas y componentes en la exploración, esta actividad se reduce desde la perspectiva de proyectos formales. Por ende, las demás capacidades organizacionales se reducen para el segmento.

En el segmento de explotación, se puede observar cómo la experticia de los involucrados en el proyecto, la colaboración de los interesados, la gestión del conocimiento y la comunicación efectiva entre interesados son directamente proporcionales, lo cual indica que, a mayor uso de estas capacidades, mayor desempeño en ese segmento. Para el beneficio se observan principalmente que, a mayores planes de estímulos en la organización, su talento humano prefiere migrar a otros segmentos de la cadena de valor. Finalmente, para el segmento del transporte a mayor liderazgo se observa un desestímulo a esta actividad, principalmente porque ha sido históricamente considerada una actividad independiente, libre de estructuras jerárquicas.

Otros datos interesantes se encuentran asociados con la gestión del conocimiento, pues, en los segmentos de exploración y beneficio, no se cuenta con una cultura que permita documentar las lecciones aprendidas, en tanto que para los segmentos de explotación y transporte la correlación es positiva. Lo anterior se debe a que la operación es implementada por segmentos con más tradición en el mercado de la región, los cuales, cuentan con un mayor grado de formalidad. La Tabla 5., presenta lo indicado anteriormente.

Tabla 5: Correlación entre capacidades y segmentos de la cadena de valor

	Ítem	Exploración	Explotación	Beneficio	Transporte
Capacidades en proyectos complejos	Reputación ejecutores	-0,633	0,503	-0,412	-0,137
	Involucramiento alta dirección	-0,574	0,222	-0,455	-0,066
	Liderazgo	0,007	-0,097	-0,151	-0,477
	Cultura proyectos	0,010	0,030	0,277	0,067
	Colaboración interesados en el proyecto	-0,547	0,503	-0,174	0,309
	Cultura de la calidad	-0,247	0,299	-0,080	-0,182
	Uso de indicadores medición desempeño	-0,358	-0,039	-0,092	-0,334
	Planes de estímulo al talento humano	-0,306	0,050	-0,736	-0,267
	Experticia de involucrados en proyecto	-0,319	0,618	-0,250	0,000
	Flexibilidad para ajustarse a los cambios	-0,634	0,399	-0,451	-0,109
	Colaboración entre integrantes	-0,360	0,570	-0,126	0,070
	Comprensión dinámicas componentes	-0,905	0,350	-0,326	0,015
	Claridad frente a los eventos	-0,490	0,450	-0,550	-0,266
	Comunicación efectiva entre interesados	-0,408	0,436	-0,363	-0,318
	Cultura organizacional	-0,491	0,275	-0,351	-0,097
	Gestión del conocimiento	-0,393	0,589	-0,531	-0,107

Fuente: Propia, basada en los datos obtenidos

5. DISCUSIONES

Como consecuencia de las observaciones anteriores, al correlacionar las características de los proyectos complejos con el segmento de la cadena de valor, se encuentra que algunos son inversos. Lo que permite indicar que, entre más se acentúan características como la incertidumbre, la imprevisibilidad, la diversidad de interesados, y el costo y tamaño de un proyecto, menor será el interés en el desarrollo de actividades en cada uno de los segmentos de cadena de valor y viceversa.

Un segundo análisis tiene que ver con el vínculo entre el segmento en el cual se desarrollan los proyectos complejos y los recursos organizacionales. Allí se encuentra que aquellos significativos presentan relaciones inversamente proporcionales, lo que implica que, a mayor uso de recursos, menor interés en participar en proyectos asociados con las diferentes etapas de la cadena de valor, debido al riesgo que asumen los sponsors y a la disminución de los retornos obtenidos.

Un tercer análisis derivado del proceso estadístico implica la relación existente entre el segmento de la cadena de valor y las capacidades organizacionales. Allí se observa que los resultados son mixtos, los más significativos tienen que ver con la reputación de los ejecutores en algunos segmentos en los cuales, o bien son directamente proporcionales, o son inversamente proporcionales debido a fenómenos financieros asociados al Good Will, y al desembolso por parte de los auspiciadores de los proyectos. Otro elemento importante, es la comprensión de las dinámicas de los componentes de los proyectos, allí se encuentra que complejidad de este tipo de proyectos restringe su ejecución, es decir, en la medida en que se conoce con mayor profundidad la interacción de los componentes de un proyecto se generan reservas frente a su desarrollo.

6. CONCLUSIONES

La literatura revisada da cuenta de una fuerte conexión entre los recursos, las capacidades dinámicas de la organización, y la gestión de proyectos complejos. Diversos autores han abordado dicha temática en la búsqueda de nuevos elementos que les permitan dirigir sus proyectos en condiciones adecuadas, así mismo, se encuentran en la búsqueda de la reducción de aspectos relacionados con el manejo de la incertidumbre y de las características propias de los proyectos.

Frente a las encuestas realizadas, se puede concluir que, para los gerentes de proyectos complejos del sector minero, los recursos y capacidades necesarios para el desarrollo adecuado se relacionan con recursos financieros, seguidos por la infraestructura física y el recurso humano. Ellos constituyen los principales recursos a ser utilizados por parte de los directores de proyectos para manejar las características asociadas con la complejidad.

Una de las principales capacidades identificadas, de acuerdo con el concepto de los encuestados, es la cultura organizacional, pues constituye un elemento integrador al interior de los proyectos, por cuanto permite que los proyectos complejos no sean vistos como un ítem desagregado de la organización sino más bien como un dinamizador de la estrategia empresarial. En cuanto a la comprensión de las dinámicas propias de los proyectos, permite que haya mayor efectividad en los logros planteados inicialmente en las etapas previas del proyecto.

La comunicación efectiva representa otra capacidad muy importante, pues permite un mejor desempeño de los proyectos, así como un mejor monitoreo y control de las actividades desarrolladas. Aunado a lo anterior, el liderazgo es otra de las capacidades claves, de hecho, estándares de gestión de proyectos catalogan este tipo de habilidades blandas como aspectos claves en el éxito en la gestión de proyectos.

Son consideradas como importantes las capacidades asociadas con el uso de indicadores de medición, pues permiten la gestión adecuada de proyectos en escenarios de complejidad, ya que dan al gerente una mejor perspectiva de los asuntos que van bien y de aquellos que necesitan ser ajustados de acuerdo con los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo de los proyectos. Resulta importante resaltar que tanto para las organizaciones como para los proyectos el cálculo periódico de dichos indicadores constituye una fuente importante en la toma de decisiones.

De acuerdo con lo anterior, y en función de la correlación de los recursos y capacidades clave, se encuentra que la comprensión de las dinámicas de los componentes, la reputación de los ejecutores de los proyectos, la experticia de los participantes, el involucramiento por parte de la alta dirección y la colaboración entre integrantes, constituyen los principales recursos y capacidades a ser tenidos en cuenta en el desarrollo de proyectos mineros en el sector de Boyacá – Colombia.

Ahora bien, si se aborda el fenómeno desde el segmento de la cadena de valor en el que se encuentra situado el proyecto, se encuentra que la diversidad de interesados es el ítem más importante arrojado por el análisis estadístico. De igual manera, la convergencia de distintos actores en torno a un proyecto complejo coadyuva en su exitoso desempeño, debido a los aportes que, sobre el tema en cuestión, pueda hacer cada uno de ellos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrews, K. R. (1997). The concept of corporate strategy. Resources, firms, and strategies: a reader in the resource-based perspective, 52.
- Assaf, S. A., & Al-Hejji, S. (2006). Causes of delay in large construction projects. *International journal of project management*, 24(4), 349-357.
- Baccarini, D. (1996). The concept of project complexity—a review. *International journal of project management*, 14(4), 201-204.
- Barney, J. B. (1991). The resource based view of strategy: Origins, implications, and prospects. *Journal of management*, 17(1), 97-211.
- Chiavenato, I. (2003). *Introdução à teoria geral da administração*. Elsevier Brasil.
- Crawford, L. (2007). Global body of project management knowledge and standards. *The Wiley guide to project organization & project management competencies*, 206-252
- De Reyck, B., Grushka-Cockayne, Y., Lockett, M., Calderini, S. R., Moura, M., & Sloper, A. (2005). The impact of project portfolio management on information technology projects. *International Journal of Project Management*, 23(7), 524-537.
- Dollinger, M. (2008). *Entrepreneurship*. Marsh Publications.
- Dosi, G., Nelson, R. R., & Winter, S. G. (Eds.). (2000). *The nature and dynamics of organizational capabilities*. Oxford university press.
- Eray, E., Haas, C., & Rayside, D. (2019). A model for measuring interface health between project stakeholders in complex construction projects.
- Fahy, J. (2002). A resource-based analysis of sustainable competitive advantage in a global environment. *International Business Review*, 11(1), 57-77.

- Foss, N. J. (Ed.). (1997). *Resources, firms, and strategies: a reader in the resource-based perspective*. Oxford University Press on Demand.
- Galbreath, J. (2005). Which resources matter the most to firm success? An exploratory study of resource-based theory. *Technovation*, 25(9), 979-987.
- Gerhard Kristandl Nick Bontis, (2007), "Constructing a definition for intangibles using the resource based view of the firm", *Management Decision*, Vol. 45 Iss 9 pp. 1510 – 1524
- Gold, S., Seuring, S., & Beske, P. (2010). Sustainable supply chain management and inter-organizational resources: a literature review. *Corporate social responsibility and environmental management*, 17(4), 230-245.
- Grant, R. M. (1991). The resource-based theory of competitive advantage: implications for strategy formulation. *California management review*, 33(3), 114-135.
- Grant, R.M. (2006). *Dirección Estratégica: Conceptos, Técnicas y Aplicaciones*. Madrid: Civitas, (5ª ed.).
- Hagan, G., Bower, D., & Smith, N. (2011). Managing complex projects in multi-project environments. In *Procs 27th Annual ARCOM Conference* (pp. 5-7).
- Hall, R. (1993). A framework linking intangible resources and capabilities to sustainable competitive advantage. *Strategic management journal*, 14(8), 607-618.
- Hernando, V., & Martín-Cruz, N. (2016). The role of top management involvement in firms performing projects: A dynamic capabilities approach. *Journal of Business Research*, 69(9), 3447-3458.
- Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. P. M. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4). México eD. F DF: McGraw-Hill Interamericana.

- ICCPM (2012). *Complex Project Manager Competency Standards Version 4.1*.
- Inmyxai, S., & Takahashi, Y. (2015). The effect of firm resources on business performance of male-and female-headed firms in the case of Lao micro-, small-, and medium-sized enterprises (MSMEs). *International Journal of Business and Information*, 5(1).
- Jones, R. E., & Deckro, R. F. (1993). The social psychology of project management conflict. *European journal of operational research*, 64(2), 216-228.
- Kerzner, H., & Belack, C. (2010). *Managing complex projects (Vol. 11)*. John Wiley & Sons.
- Li, Y. Y., Chen, P. H., Chew, D. A. S., & Teo, C. C. (2014). Exploration of critical resources and capabilities of design firms for delivering green building projects: Empirical studies in Singapore. *Habitat International*, 41, 229-235.
- Nasution, H. N., & Mavondo, F. T. (2008). Organisational capabilities: antecedents and implications for customer value. *European Journal of Marketing*.
- O'Cass, A., & Sok, P. (2014). The role of intellectual resources, product innovation capability, reputational resources and marketing capability combinations in firm growth. *International Small Business Journal*, 32(8), 996-1018.
- O'Regan, N., & Ghobadian, A. (2004). The importance of capabilities for strategic direction and performance. *Management decision*.
- Penrose, E., (1959). *The Theory of the Growth of the Firm*. Basil Blackwell, London.
- Peteraf, M. A. (1993). The cornerstones of competitive advantage: a resource-based view. *Strategic management journal*, 14(3), 179-191.

- Porter, M. (2011). ¿ Qué es la estrategia. *Harvard business review*, 89(11), 100-117.
- Project Management Institute. (2014). *Navigating complexity*.
- Project Management Institute. (2014). *The Standard for program Management*.
- Project Management Institute. (2017). *The Standard for portfolio Management*. Fourth edition.
- Remington, K., & Pollack, J. (2007). *Tools for complex projects*. Gower Publishing, Ltd..
- Rincón-González, C. (2019). *Los equipos de trabajo y su impacto en el desempeño de los proyectos en Colombia*, 42.
- Silverman, B. S. (1999). Technological resources and the direction of corporate diversification: Toward an integration of the resource-based view and transaction cost economics. *Management science*, 45(8), 1109-1124.
- Song, Y., & Hao, S. (2020). ISM Based Method for Risk Management of International EPC Projects. *E&ES*, 455(1), 012208.
- UPME, U. D. (2012). *Cadena del Carbón*.
- Wade, M. and Hulland, J. (2004), “The resource-based view and information systems research: review, extension, and suggestions for future research”, *MIS Quarterly*, Vol. 28 No. 1, pp. 107-42.
- Welbourne, T. M., & Wright, P. M. (1997). Which resources matter in initial public offering firms? A longitudinal comparison of five resources’ contributions to firm performance.
- Wernerfelt, B. (1984). A resource-based view of the firm. *Strategic management journal*, 5(2), 171-180.

- Williams, T. M. (1999). The need for new paradigms for complex projects. *International journal of project management*, 17(5), 269-273.
- Winter, S. G. (2000). The satisficing principle in capability learning. *Strategic management journal*, 21(10-11), 981-996.
- Wright, P. M., McMahan, G. C., & McWilliams, A. (1994). Human resources and sustained competitive advantage: a resource-based perspective. *International journal of human resource management*, 5(2), 301-326.

EVALUACIÓN DE INVERSIÓN EN PROYECTOS COMPLEJOS DE INGENIERÍA CIVIL A TRAVÉS DEL SISTEMA GENERAL DE REGALÍAS

Sarmiento-Rojas, Jorge Andrés¹; Rincón-González, César Hernando²

¹. *Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*
jorge.sarmiento02@uptc.edu.co.

². *Facultad de Ingeniería, Universidad EAN*
crincon2.d@universidadean.edu.co cesarrincong@yahoo.com

1. INTRODUCCIÓN

Las regalías, como compensación económica por la explotación de recursos naturales no renovables (hidrocarburos y minerales) en Colombia, crecieron sostenidamente entre 2001 y 2011. Lo cual generó un crecimiento de \$ 1,58 a \$ 6,7 billones, que representó un incremento del 0,7% al 1,4% del Producto Interno Bruto (PIB). En medio de esta bonanza, se creó un nuevo sistema de administración y transferencia de los lucros, llamado Sistema General de Regalías (SGR), mediante la Ley 1530 de 2012 con el fin de financiar proyectos de impacto nacional, regional, departamental o municipal en búsqueda de conseguir una adecuada y descentralizada asignación presupuestal, para contribuir al desarrollo económico y social de zonas y población vulnerable (Guzmán-Finol & Estrada, 2016; Marina & Arévalo, 2015; Restrepo, 2017). Por lo anterior, mediante la formulación en políticas de desarrollo para la creación de puestos de trabajo y mejoramiento de infraestructura pública como servicios, es posible solventar las necesidades de las poblaciones, en

rápida expansión y urbanización, con todas las coyunturas que países en desarrollo, como Colombia, manifiestan.

Paralelamente, la incertidumbre política y económica, en conjunto con la volatilidad y reducción de los mercados internacionales, limita la confianza e inversión en los mercados internacionales, lo que impacta en la producción nacional. Las estrictas condiciones financieras, y el debilitamiento de los estímulos fiscales, son los principales factores que impulsan la desaceleración del crecimiento económico (International Monetary Fund (IMF), 2019; World Bank Group, 2019). En Colombia, la explícita disminución de participación en la industria manufacturera, a inicios de la crisis del 2008, ha impactado en la caída de la producción industrial, especialmente de bienes de capital, lo que acentúa la coyuntura para la formulación de recursos destinados para inversión. Asimismo, las variaciones se relacionan con la pérdida de optimismo en los mercados por los sponsors, consumidores o interesados, provocada en parte por las tensiones comerciales relacionadas con ineficiencias en el gasto público (International Monetary Fund (IMF), 2019; Uribe, 2014).

Conjuntamente con la reducción en la producción y exportación de materias primas no renovables utilizadas para la generación de energía a partir del año 2014, generaron alta variación el sector de explotación en minas y canteras (Investigaciones Económicas Corficolombiana, 2019; World Bank Group, 2019). Esta actividad, es el principal componente en la provisión de recursos para proyectos de inversión por regalías; no obstante, su producción continúa generando recursos destinados para inversión, donde la preponderancia de estas actividades en la economía no es uniforme en el territorio nacional. Sin embargo, se ha observado un crecimiento sostenido, indicando señales tempranas de recuperación, debido al pago de los atrasos en el gasto público producto de estos dividendos, permitiendo el aumento de la capacidad de inversión para el amortiguamiento e impulso de las economías basadas en la extracción de materias primas; por lo cual, países en desarrollo de bajos ingresos y varias economías de mercado emergentes tendrán que crear puestos de trabajo y mejorar la infraestructura pública como servicios para satisfacer las necesidades de sus poblaciones en rápida expansión y urbanización; Estas sugerencias se han aplicado conjuntamente con el músculo laboral que proporciona el sector de la construcción y la inversión de recursos

mediante el SGR, produciendo un crecimiento y desarrollo en los mercados emergentes (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), 2019; Hatzius et al., 2018).

Sin embargo, surgieron cambios en la asignación de recursos debido a los inconvenientes generados en la concentración de regalías en pocos territorios, por una inequitativa y centralizada distribución. Ello se reflejó mediante la asignación directa del 80% de dividendos a municipios y departamentos productores de recursos naturales no renovables, en los cuales se concentran solo el 17% de la población. El restante 20% no fue asignado directamente y, cuya administración correspondía al Fondo Nacional de Regalías, se destinó a la promoción de la minería, medio ambiente y el financiamiento de proyectos regionales de inversión, sin generar el impacto esperado en coberturas, así como la pertinencia en proyectos priorizados, incluidos en los planes de desarrollo. Ello generó inequidad en la solvencia de poblaciones con necesidades apremiantes (Guzmán-Finol & Estrada, 2016), asimismo, la incorrecta utilización de los recursos de regalías, en las vigencias 2005 a 2010, reportaron 21.681 presuntas irregularidades a órganos de control (Marina & Arévalo, 2015). De igual manera, no se consultaban las necesidades de los interesados, o stakeholders, y su centralización con las entidades territoriales beneficiarias y la mayoría de la población en el territorio nacional, lo que impedía el aprovechamiento eficiente de los ingresos derivados de la explotación de los recursos naturales. También, se destacan, en las estructuras procíclicas, los impactos económicos, políticos y sociales adversos generados por la abundante riqueza mineral, donde las rentas producto de extra explotación agravan la desigualdad regional al favorecer a los grupos y regiones que participan directamente en las actividades extractivas (Humphreys, Sachs, & Stiglitz, 2007; Trojiciz, 2019).

En consecuencia, en el año 2011, el antiguo esquema de regalías asumió un cambio radical mediante la expedición del Acto Legislativo 005 de 2011, modificando los artículos 360 y 361 de la Constitución Política de Colombia. Por medio de aquel se crea el Sistema General de Regalías (SGR), encargado de regular su organización y funcionamiento mediante la Ley 1530 de 2012 (Congreso de la República de Colombia, 2012). Por lo tanto, se eliminó el sistema de asignaciones directas, y se generó un nuevo esquema diferenciado, en conjunto con una estructura

organizacional compleja, para buscar la buena distribución, gestión de recursos y de inversión (Marina & Arévalo, 2015; Restrepo, 2017). Subsiguientemente, el nuevo esquema fue formulado en conjunto con la reducción de recursos, producto de la disminución de exportaciones derivadas de la explotación de minas y canteras, y en concordancia con el Acto Legislativo No. 365 de 2019. Bajo el cual, se modificaría el SGR, bajo necesidad de incentivar la explotación minero-energética y mejorar la ejecución de los proyectos, en aras de incrementar el impacto económico del sector a través de inversión y mejora en la confianza de las comunidades (Castro Gómez, Vera Sandoval, & Montoya Moreno, 2019).

Por lo anterior, las formulaciones generan cambios y desafíos para el cumplimiento, supervisión y control en el éxito de estas políticas, donde la complejidad de las variables vinculadas con los problemas y necesidades, desde enfoques colectivos, exigen la aplicación de métodos que soporten soluciones reconocidas y aceptadas sobre la base de la evaluación de patrones y fenómenos identificables, para que se comprendan y determinen los grados de oportunidad y adaptación a los cambios en el futuro (Kamenetskii, 2013; Velásquez & Sepúlveda, 2015). Asimismo, es necesario partir de las necesidades anteriormente mencionadas para la promoción de inversión en proyectos que permitan solventar problemas relacionados con la capacidad de producción y desarrollo del país, ello mediante la formulación y creación de infraestructura. En consecuencia, la formulación de proyectos de construcción, como política pública, promueve el desarrollo económico y social gracias a la capacidad de generar empleo, demandada por otros sectores económicos, lo que mejora la calidad de vida de los ciudadanos mediante la solvencia del déficit considerable en infraestructura civil. Por lo anterior, es común generar políticas que incluyan asignaciones presupuestarias, directamente o a través de instituciones financieras, para este fin (Córdova & Alberto, 2018). De igual manera, el sector de la construcción permite el cumplimiento de las funciones sociales apoyadas por el sector privado, sin embargo, no existe un equipamiento para hacer frente eficazmente a los complejos y dinámicos proyectos de construcción en la actualidad y, en mayores proporciones, el futuro (Hagan, Bower, & Smith, 2011; IBM Corporation, 2010).

A las complejidades inherentes de los proyectos de construcción se suman las condiciones de recursos suministrados por regalías, los cuales, son ambivalentes y se encuentran a merced de factores no controlables. No obstante, se ha pronosticado una reducción en su recaudo, lo que afectaría la financiación futura de los proyectos en las regiones (Guzmán-Finol & Estrada, 2016). Con base en ello, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el comportamiento de las inversiones en proyectos de construcción mediante la inversión por el Sistema general de Regalías entre los años 2015-2019 y su gestión como proyectos complejos? Por lo anterior, la presente investigación formula como objetivo general evaluar la inversión mediante el SGR en proyectos de construcción entre los años 2015-2019, desglosando los siguientes objetivos específicos:

- Establecer los organismos intervinientes en su destinación, montos y tipo de proyectos de construcción financiados, así como caracterizar su complejidad en conjunto con el cumplimiento de los objetivos previamente propuestos.
- Brindar herramientas que permitan establecer el comportamiento de la inversión en obras civiles a partir de recursos provenientes del Sistema general de Regalías o inversión estatal.
- Realizar un diagnóstico que permita establecer su eficiencia para el continuo apoyo a estas políticas, dadas las restringidas cantidades de recursos y la pertinencia de las obras civiles realizadas en conjunto con el conocimiento de los efectos en el desarrollo social.

Lo anterior, permite brindar un panorama global en la gestión de proyectos de construcción mediante inversión pública, destinada a satisfacer necesidades específicas considerando los diversos factores que influyen en los procesos de formulación, desarrollo y diagnóstico de políticas gubernamentales, enfocadas en la buena distribución y ejecución de recursos públicos.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Evaluación de la complejidad en proyectos

El avance implacable en el desarrollo humano se ha sostenido, en gran parte, por el robustecimiento continuo de técnicas metódicas y científicas en busca de establecer y controlar fenómenos. Por lo anterior, es usual encontrarse con lo imprevisible, inesperado y complicado. Sin embargo, las actuales condiciones de un mundo globalizado en expansión, presionan y generan un rápido ritmo de cambio y fomentan la intensa competencia, incluyendo los mercados internacionales con mayor volatilidad, lo que se refleja con su impacto en el mercado (Friedli, Mundt, & Thomas, 2014). En paralelo, las necesidades de los interesados, con el tiempo, han aumentado su heterogeneidad, sofisticación y diferenciación. Por lo tanto, para satisfacer las demandas, y continuar con una competitividad constante, las empresas reaccionan regularmente con la introducción de nuevos y mayor variedad de productos con ciclos de vida más cortos. Transversalmente, la continua innovación obliga a las organizaciones a reconocer una mayor complejidad en las estrategias y proyectos ejecutados por las organizaciones (Gerald, Maylor, & Williams, 2011; Project Management Institute (PMI), 2013; Schuh, Rebertsch, Riesener, Mattern, & Fey, 2017).

En consecuencia, investigaciones alrededor de la complejidad en proyectos, se han centrado en identificar atributos que inciden y caracterizan, mediante la identificación de variables que ayudan a determinar las prácticas de planificación y control, para así, establecer aquellos factores que dificultan el reconocimiento de metas y objetivos, o aquellos que influyen en el tiempo, costo y calidad de un proyecto. Baccarini (1996) identificó dos atributos generales en la complejidad de proyectos, la “*complejidad organizacional*”, reflejada en la definición de los proyectos como la unión de tareas que contiene muchos elementos interdependientes, y la “*complejidad técnica*”, relacionada con los procesos de transformación. Sin embargo, no existe una definición clara, comúnmente aceptada o unificada, de complejidad pese al gran número de definiciones propuestas (Chu, Strand, & Fjelland, 2003; Dao, Kermanshachi, Shane, Anderson, & Hare, 2016b, 2016a; Kermanshachi, Dao, Rouhanizadeh, Shane, & Anderson, 2020; Wood & Gidado, 2008; Xia & Chan, 2012).

Indistintamente, la complejidad suele considerarse, y describirse, como una variable independiente que limita la aplicabilidad de los instrumentos y métodos de prácticas óptimas, para lograr un mejor rendimiento de la ejecución de los proyectos, lo cual se ve expresado, habitualmente, en exceso de costos, retraso en el cronograma, bajo rendimiento, entre otros problemas (Ahn, Shokri, Lee, Haas, & Haas, 2017; Ellinas, Allan, & Johansson, 2018; Kermanshachi & Safapour, 2018; Luo, He, Xie, Yang, & Wu, 2016; Remington & Pollack, 2010). Lo anterior se debe, posiblemente, el efecto de los múltiples atributos que integran los sistemas complejos, como la diversidad, variabilidad, no linealidad y los acoplamientos estrechos (alta dependencia entre variables, sistemas o grupos). En consecuencia, una comprensión cabal de la complejidad, incluyendo la mayor cantidad de factores preponderantes en proyectos, es esencial para una gestión eficaz, para facilitar la gestión durante todo su ciclo de vida, aspecto esencial y actualmente una ardua tarea en la gestión de proyectos (Kermanshachi & Safapour, 2018; Luo et al., 2016; Peñaloza, Saurin, & Formoso, 2020). Asimismo, la comprensión de la complejidad aporta ventajas competitivas a la organización, mediante el desarrollo de proyectos nuevos y mejorados, además de utilizarse para mejorar las aptitudes de innovación y aumentar la rentabilidad y crecimiento (Molepo, Marnewick, & Joseph, 2019).

2.2 La complejidad y el éxito en proyectos de construcción

La complejidad es un tema muy amplio que puede relacionarse con cualquier área del conocimiento, por lo que existe una gran cantidad de información al respecto. Asimismo, la temática es promovida y ramificada por los cambios generados en el desarrollo tecnológico, que se manifiesta en el alto grado de instalaciones eléctricas y mecánicas, nuevos y sofisticados sistemas estructurales e innovación en los componentes que integran los procesos constructivos, con el fin de atender el aumento de los diversos requerimientos de diferentes usuarios finales (stakeholders, sponsors, oficina de proyectos, gerentes de proyecto, y construcción, entre otros) (Xia & Chan, 2012). La complejidad define, generalmente, un sistema complejo dentro de un área específica de interés, y estudia la interacción entre los elementos de ese sistema. Las propiedades identificadas son inherentes a proyectos focalizados en el sector de la construcción (Kermanshachi et al., 2020). A razón de ello, el entendimiento de

la complejidad en proyectos en el sector se considera una característica crítica que determina las medidas apropiadas para la consecución satisfactoria de los resultados esperados, con lo que se reconoce, ampliamente, que la complejidad de los proyectos influirá en su rendimiento y éxito.

Por lo tanto, existe un consenso global en la inclusión de proyectos tanto de construcción como complejos, sustentado en los entornos cambiantes producto de la interacción entre diversos factores con propiedades dinámicas e inciertas. Asimismo, el numeroso conjunto de elementos independientes que interactúan entre sí continuamente en diferentes formas, organizados y reorganizados espontáneamente en estructuras cada vez más elaboradas a lo largo del tiempo, producen estructuras que abarcan una mayor inclusión de factores (Luo et al., 2016; Trinh & Feng, 2020). Por lo anterior, el sector de la construcción es afectado por fuentes de complejidad cada vez mayores, como lo es el creciente número de miembros en la cadena de suministro, las nuevas alternativas tecnológicas que implican producción fuera de las instalaciones y el creciente número de reglamentos y enfoques innovadores de adquisición (Bakhshi, Ireland, & Gorod, 2016; Kermanshachi et al., 2020; Peñaloza et al., 2020).

Sin embargo, la gestión de proyectos complejos ha evolucionado como resultado de la identificación y el reconocimiento de cuestiones que presentan características complejas, donde las metodologías tradicionales de gestión de proyectos, en relación con métodos, prácticas y procesos, no han abordado adecuadamente escalas, tasas de cambio, heterogeneidad, múltiples vías y objetivos ambiguos (The International Centre for Complex Project Management (ICCPM), 2012; Xia & Chan, 2012). Por lo tanto, pese al amplio reconocimiento e importancia de la complejidad en proyectos de construcción para su gestión, se disponen o conocen pocas, o ninguna, medidas objetivas para su evaluación. Lo que ha ocasionado, a la visión empírica y subjetiva del observador, la necesidad urgente de evaluar la complejidad en los proyectos de construcción, originados intrínsecamente por cuestiones políticas, sociales, tecnológicas y ambientales. Esto le ocurre también a las estrictas presiones fiscales, a las expectativas de los stakeholders, que pueden cambiar drásticamente durante la vida de un proyecto en paralelo con la inestabilidad gubernamental y la estrecha relación entre el sector de la construcción, especialmente si se considera el impacto en la calidad de vida de los ciudadanos mediante la producción

de infraestructura nueva o renovada, causado por las limitantes en el valor de la demanda efectiva, determinada por la cantidad de activos fijos en que parte del capital asignado por el sector público como inversión, de acuerdo con sus funciones sociales apoyadas por el sector privado. Por lo tanto, las inversiones estatales, que restringirán la cantidad y el tipo de obras civiles llevadas a cabo, se consideran un factor adicional en la compleja e intrincada correlación inherente al sector de la construcción y su éxito (Xia & Chan, 2012).

Por lo tanto, se requiere implementar instrumentos objetivos que proporcionen una escala cuantitativa, y permitan la consecución del nivel de complejidad en proyectos de construcción, lo que facilitaría a las organizaciones, y stakeholders, la adopción de medidas de gestión adecuadas para reducir los posibles riesgos que podrían inducir en su desarrollo. Sin embargo, existe poca literatura publicada en el área de la complejidad en el sector de la construcción, en conjunto con el concepto de ciencia de la complejidad, considerada relativamente reciente en el mundo académico y con un gran alcance en la solución de problemas modernos, así como enfrentados con una visión científica tradicional. En consideración de lo anterior, la exploración de la ciencia de la complejidad y la investigación para su aplicación, podría aportar soluciones en el mejoramiento de procesos en proyectos de construcción, en simultáneo con los avances en el conocimiento y capacidades en el desarrollo social y político, donde las organizaciones más ágiles y adaptables son capaces de absorber el impacto de esta nueva realidad (Wood & Gidado, 2008; Xia & Chan, 2012).

Por consiguiente, la voluntad, capacidad y responsabilidad de los directores de proyectos, en la consolidación de requerimientos que permitan orientar la demanda en el desarrollo y consecución en la actualización de habilidades, justifica la incorporación de mecanismos que permitan seguir el ritmo de los cambios en la gestión de la complejidad y proyectos complejos, lo cual resulta fundamental para su éxito. Asimismo, la anticipación y conocimiento de los efectos externos o internos en la economía, y el sector, se utilizarán para aclarar su impacto en el desarrollo social, donde, la complejidad de las variables, en relación con los problemas y necesidades desde su enfoque colectivo, exigen la aplicación de métodos para apoyar soluciones reconocidas sobre la base de la evalua-

ción de patrones y fenómenos identificables que se comprendan, para así determinar los grados de oportunidad que permitan la adaptación a los cambios en el futuro (Kamenetskii, 2013; The International Centre for Complex Project Management (ICCPM), 2012; Velásquez & Sepúlveda, 2015). De igual forma, se deben identificar, para su solución integral, las problemáticas tradicionales y recurrentes como retrasos en el cronograma, excesos de costos y deficiencias relacionadas con las expectativas de los interesados, lo que afecta negativamente el éxito de este tipo de proyectos, pues, vinculados con las ineficiencias técnicas, poca utilización de estándares y guías, fallas en la combinación de metodologías de trabajo y las transferencias para prestar servicios a los interesados, las diferencias entre lo estimado y lo realizado en el proyecto se valoran entre un 28% y un 30% en los grandes proyectos de construcción en el mundo (Ellis & Mice, 2019).

En consecuencia, la formulación de estándares, que incluyen las competencias y procesos, se han elaborado para esbozar y definir paradigmas de gestión de proyectos, donde se integran comportamientos, conocimientos y atributos especiales, necesarios para el eficaz funcionamiento de los proyectos complejos (The International Centre for Complex Project Management (ICCPM), 2012), al implementar junto con el músculo organizacional y material constituyente del sector de la construcción, y los productos tangibles traducidos como calidad de vida, lo que sustenta parte del crecimiento económico, especialmente en mercados de países emergentes (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), 2019; Hatzius et al., 2018).

2.3 Los recursos provenientes del Sistema General de Regalías

En Colombia, las regalías se definen como la compensación económica por la explotación de recursos naturales no renovables (hidrocarburos y minerales), lo que da como resultado un crecimiento económico y que representa un porcentaje trascendental de ingresos para el estado, el propietario del subsuelo y los recursos naturales no renovables (Asamblea Constituyente de Colombia, 1991). Por tanto, el Estado es quien otorga las licencias ambientales y de explotación a empresas que extraen recursos naturales no renovables, lo cual lo convierte en fuente importante de financiación para el desarrollo territorial, con una significativa participación dentro de los presupuestos de inversión para las entidades guber-

namentales y generar una descentralización y solución de necesidades específicas de las diferentes comunidades que congregan y componen la productividad nacional.

Por lo anterior, se han formulado diferentes modelos de administración de regalías. El primero fue creado por la Constitución de 1991, y regulado por la Ley 141 de 1994, este asignaba directamente los recursos a municipios y departamentos donde se explotaban recursos naturales no renovables, con un aporte del 80%, concentrando el 17% de la población, y el restante 20% no asignado directamente y cuya administración correspondía al Fondo Nacional de Regalías para promover la minería, medio ambiente y financiación de proyectos regionales de inversión, sin generar el impacto esperado en coberturas y pertinencia en proyectos priorizados incluidos en los planes de desarrollo (Guzmán-Finol & Estrada, 2016). Pese a la formulación sistemática de políticas y su implementación, se observó el uso incorrecto de los recursos de regalías en las vigencias 2005 a 2010, reportando 21.681 presuntas irregularidades a órganos de control, en conjunto con la inconsulta y desconocimiento de las necesidades de los interesados por las entidades beneficiarias, al destacarse como estructuras procíclicas que no permiten aprovechar de manera eficiente de los ingresos derivados de la explotación de recursos naturales, con los impactos económicos, políticos y sociales adversos por la abundante riqueza mineral, donde las rentas tienden a agravar la desigualdad regional, favoreciendo grupos y regiones que participan directamente en las actividades extractivas (Humphreys et al., 2007; Trojicz, 2019).

En consideración de lo anteriormente expuesto, así como otros aspectos, se realizaron cambios en la asignación de recursos a consecuencia de la concentración de regalías en pocos territorios, producto de una inequitativa y centralizada distribución de los recursos. Por consiguiente, se formuló y aprobó un segundo modelo, actualmente vigente y regulado por la Ley 1530 de 2012 (Congreso de la República de Colombia, 2012), denominado Sistema General de Regalías (SGR), como entidad responsable de establecer la distribución, objetivos, fines, administración, ejecución, control, uso eficiente y destinación de los ingresos provenientes de la explotación de los recursos naturales no renovables, precisando las condiciones de participación de sus beneficiarios. Este conjunto de ingresos, asignaciones, órganos, procedimientos y regulaciones (Congreso de la República de Colombia, 2012) ha generado retos

y nuevos paradigmas para las entidades territoriales en razón al esquema de distribución propuesto.

La definición del esquema dio paso a una disminución progresiva para los territorios productores, como el departamento del Meta o Casanare, al limitar la asignación hasta el 10% de los recursos luego de percibir el 80% en el antiguo modelo. Asimismo, fue necesario renovar la base estatutaria, dado que el incremento de regalías, producto en la explotación de minas y canteras, generó entre los años 2001 y 2011 un crecimiento sostenido del 1,4% del PIB, y la cuantificación de ingresos entre 2012 a 2015 ascendieron a 35,1 billones de pesos, de los cuales 28,5 billones provienen de la explotación de hidrocarburos y 6,6 billones de la explotación de minerales (Parra Sierra & Romero Muñoz, 2017). En consecuencia, y en medio de aquella bonanza, la Ley 1530 de 2012 buscó financiar proyectos de impacto nacional, regional, departamental o municipal mediante una adecuada asignación y distribución presupuestal, lo que contribuyó al desarrollo económico y social del país mediante la inversión en zonas con mayor necesidad (Guzmán-Finol & Estrada, 2016; Marina & Arévalo, 2015; Restrepo, 2017) De igual manera, con la formulación en políticas de desarrollo para la creación de puestos de trabajo y mejoramiento de infraestructura pública, como lo son los servicios para solventar las necesidades de sus poblaciones en rápida expansión y urbanización, habituales en países en desarrollo como Colombia, gran parte de los proyectos financiados por el SGR plantean una relación con la construcción de obras civiles.

No obstante, la incertidumbre política y económica, en conjunto con la volatilidad, la reducción de los mercados internacionales y la reducción de confianza e inversión mundial, ha impactado la producción nacional (International Monetary Fund (IMF), 2019; World Bank Group, 2019). Estas estrictas condiciones financieras, junto con el debilitamiento de los estímulos fiscales, son los principales factores que impulsan la desaceleración del crecimiento económico, donde la industria manufacturera muestra signos de marcada debilidad (International Monetary Fund (IMF), 2019; World Bank Group, 2019). En Colombia, la explícita disminución en la participación económica de la industria manufacturera se observa a partir de la crisis financiera mundial del 2008 (Uribe, 2014). Dicho desestímulo produjo una caída en la producción industrial, especialmente de bienes de capital, y limitó las exportaciones, así como un mayor recaudo para proyectos de inversión. De igual modo, tales variaciones se relacionan con

la pérdida de optimismo en los mercados por parte de los consumidores o interesados, provocada, en parte, por las tensiones comerciales relacionadas con las ineficiencias en el gasto público (International Monetary Fund (IMF), 2019).

Del mismo modo, la reducción en la producción y exportación de materias primas no renovables para la generación de energía como el carbón, unido a la volatilidad en el mercado del gas y petróleo, generaron una reducción, y alta variación, en el sector de la explotación en minas y canteras desde el año 2014, como principal componente en la provisión de recursos para proyectos de inversión por regalías. No obstante, su producción continúa generando recursos destinados para este fin, donde la preponderancia de estas actividades en la economía no es uniforme en el territorio nacional (Investigaciones Económicas Corficolombiana, 2019; World Bank Group, 2019). Por las anteriores razones, los proyectos y programas gubernamentales, sustentados en recursos del SGR, requieren una gran cantidad de planificación, coordinación y colaboración a través de los procesos de gestión de proyectos, así como un fuerte esfuerzo de equipo y participación de múltiples interesados (Patanakul, Kwak, Zwikael, & Liu, 2016). Asimismo, los programas y proyectos pueden contribuir al crecimiento y la riqueza nacional, sin embargo, su gestión es un desafío para los funcionarios gubernamentales y los directores de proyectos, pues el grado de complejidad, y variables incidentes, no están claramente identificados, junto con la inexistencia de procesos oficiales en gestión de proyectos, y la difícil justificación y medición de los costos y beneficios (Kwak, Liu, Patanakul, & Zwikael, 2014; Smyrk & Zwikael, 2012).

En consecuencia, se han planteado distintos esquemas para la formulación de proyectos del SGR, con el fin de coadyuvar parcialmente en una formulación acertada del mismo. Ello mediante el uso aplicaciones informáticas para la presentación y evaluación ex-ante de los proyectos de inversión pública denominada Metodología General Ajustada (MGA). No obstante, la herramienta lleva a formular un único presupuesto en el desarrollo de proyecto, incrementando la generación de procesos burocráticos. Así mismo, la ardua dificultad para establecer y formular una solución a los cambios inherentes en proyectos de construcción, dificulta la acertada identificación en el aumento de duraciones, lo que impacta en grandes presupuestos, múltiples partes interesadas y una gran cantidad de

incertidumbres que complican su planificación, ejecución y gestión eficaz (Patanakul et al., 2016).

De igual forma, se añade el complejo panorama político, producto de los gobiernos y su sometimiento a una presión cada vez mayor para satisfacer las necesidades públicas con presupuestos más restringidos por la reducción en las rentas, resultado de las diversas coyunturas económicas expuestas anteriormente. Por lo tanto, justificar la evaluación y pertinencia de proyectos de construcción financiados por el SGR, como medida de la eficiencia y pertinencia de políticas gubernamentales, en relación a su desarrollo, se ha acentuado sin considerar la importancia de la complejidad de proyectos para su pertinente gestión. Lo que suma la poca o nula disposición de herramientas objetivas para evaluar la complejidad de los mismos. No obstante, hay registro de herramientas aceptadas para la medición de la complejidad en proyectos de construcción (Chih & Zwikael, 2015; Xia & Chan, 2012). Wing Tak (2007) elaboró el índice de complejidad de la construcción (CCI) como instrumento cuantitativo objetivo para medir la complejidad de la construcción en proyectos de edificación, allí se identifican diez variables que definen la complejidad del proyecto:

- Duración del proyecto.
- Espacios de trabajo.
- Importe del contrato.
- Superficie del emplazamiento.
- Tipo de estructura.
- Altura del edificio.
- Ubicación del emplazamiento.
- Cliente.
- Uso del edificio.
- Superficie total.

Esta definición permite identificar el rendimiento de proyectos de construcción financiados por regalías, pues los compara con la gestión de producción en los proyectos de construcción y los procesos en la práctica constructiva. Ello permite identificar deficiencias, dificultades, desafíos inducidos por las incertidumbres, complejidad y singularidad de los proyectos de construcción. Las características identificadas se han descrito utilizando términos literarios cualitativos, o términos cuantitativos que dependen de los objetivos tradicionales del proyecto al evaluar la duración

y la suma del contrato. Este aspecto parece ser subjetivo y no basta para proporcionar información útil para la adopción de decisiones de gestión (Wing Tak, 2007). Por lo tanto, resulta necesario evaluar la complejidad mediante la observación de distinciones entre muchas perspectivas, sin dejar atrás la consideración de las características del contexto en la gestión de los proyectos.

Bakhshi *et al.* (2016), evaluó más de 420 documentos de investigación publicados, extraídos de un grupo original de aproximadamente 10.000 documentos, basados en citas durante el período de 1990 a 2015. En ellos se descubre que la distinción entre los proyectos puede analizarse por contexto, autonomía, pertenencia, conectividad, diversidad, emergencia y tamaño. A partir de esos descriptores, cada proyecto complejo consiste en la evaluación pormenorizada y su conexión a otras partes y sistemas del mismo, donde el contexto del proyecto, su tamaño, diversidad y la autonomía tienen un gran número de factores, pues la “configuración cultural” y las “*leyes y reglamentos locales*” fueron citadas en más del 30% por los estudiosos de la dimensión. Por otra parte, factores constituyentes de la diversidad son citados por más de un tercio de los investigadores. Ello revela cómo el aumento de la diversidad en proyectos se logra liberando la autonomía, la pertenencia al compromiso y la conectividad abierta, seguido por la perspectiva planteada por el PMI en el “*número de estructuras, partes interesadas, productos*”, “*número de departamentos implicados o método e instrumentos aplicados*”, “*amplitud de alcance*”, y “*duración del proyecto*”, se consideran bajo la categoría de tamaño.

Así mismo, “*la cooperación y la comunicación entre el equipo y los asociados*”, “*las interdependencias entre los objetivos/intereses, los sitios, los departamentos y las empresas*”, son los factores de complejidad más comunes en la dimensión de autonomía que, junto a los conceptos, tienen una percepción de importancia menor que otros (Bakhshi, Ireland, & Corral De Zubielqui, 2015). También, denotan poca importancia variables como “*alineación de objetivos/intereses*” y los “*bucles de interconexión y retroalimentación en las tareas*”, “*incertidumbre del alcance, los objetivos y los métodos*”, “*novedad tecnológica del proyecto*” y “*confianza en los interesados*”. Todas estas variables se condensan y exponen esquemáticamente, según su importancia percibida en la Figura 1.

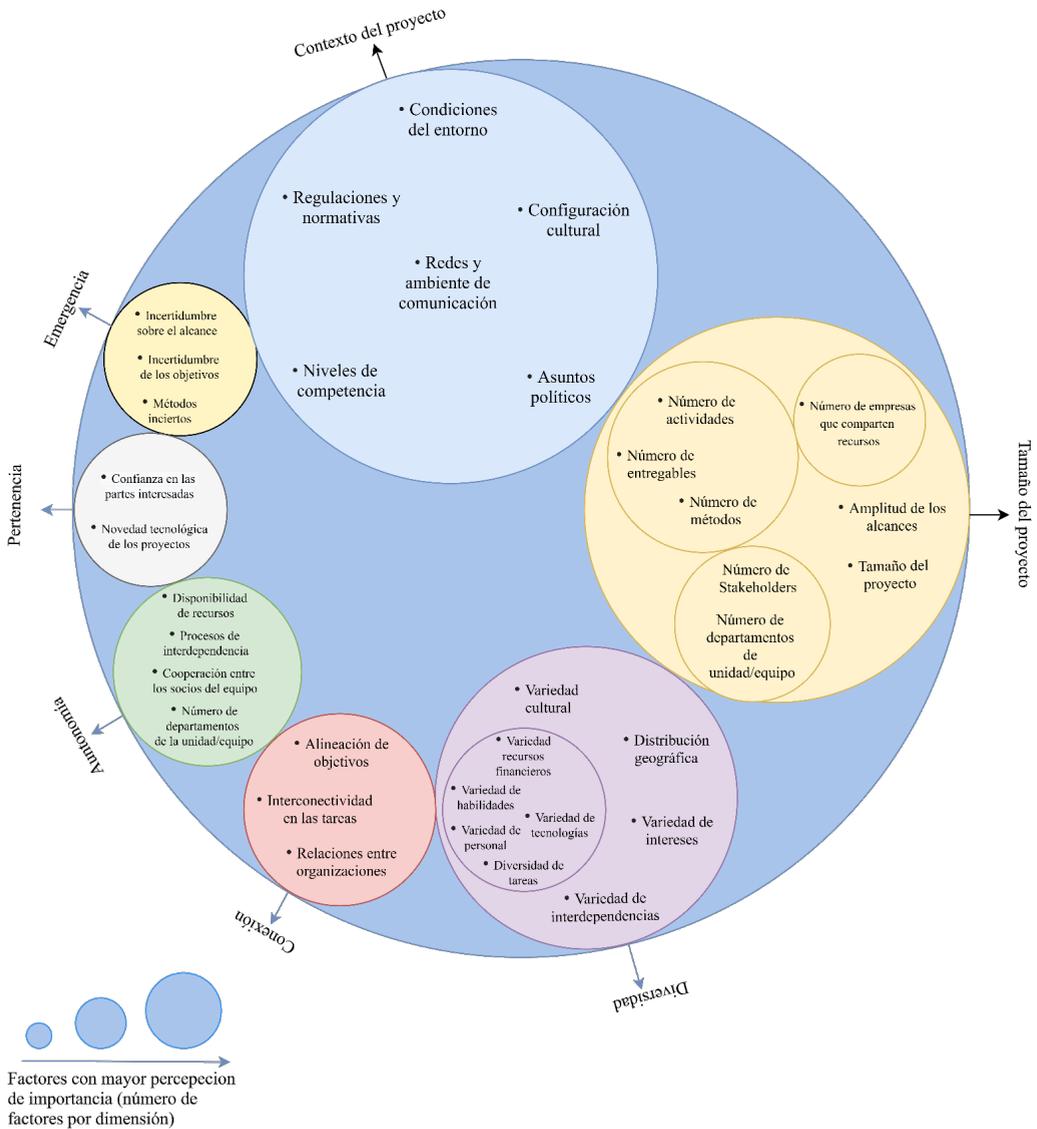


Fig. 1: Factores de complejidad en proyectos de construcción según el número de citas e investigaciones entre 1990 y 2015.
 Fuente: Modificado de *Clarifying the project complexity construct: Past, present and future*, Bakshi et al., (2016).

3. MARCO METODOLÓGICO

El sector de la construcción experimenta ciclos de actividad mucho más pronunciados que el promedio en sectores que conforman la economía nacional. Asimismo, es susceptible a variaciones económicas internacionales, por lo que se considera uno de los principales indicadores económicos debido a la influencia que tiene en las variaciones en el ciclo de la economía (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2019a). Por consiguiente, para establecer el efecto en el sector construcción en proyectos complejos, financiados por el SGR, se describen y evalúan, inicialmente, las estructuras orgánicas en conjunto con las políticas públicas relacionadas con la financiación, ubicación geográfica y tipo de proyectos en los últimos 5 años (2015-2019), como se expone a continuación:

3.1 Descripción de las variables que conforman proyectos de inversión por el SGR.

Aquí se muestra el análisis de la población muestral (todos los proyectos por año) y la información descriptiva de las variables internas y externas preponderantes, según los resultados de las investigaciones realizadas por Wing Tak (2007) y (Bakhshi et al., 2016), así como la información dispuesta por los organismos intervinientes en el monitoreo, seguimiento y evaluación de regalías del Departamento Nacional de Planeación (DNP). Lo anterior se sintetiza en la Figura 2.

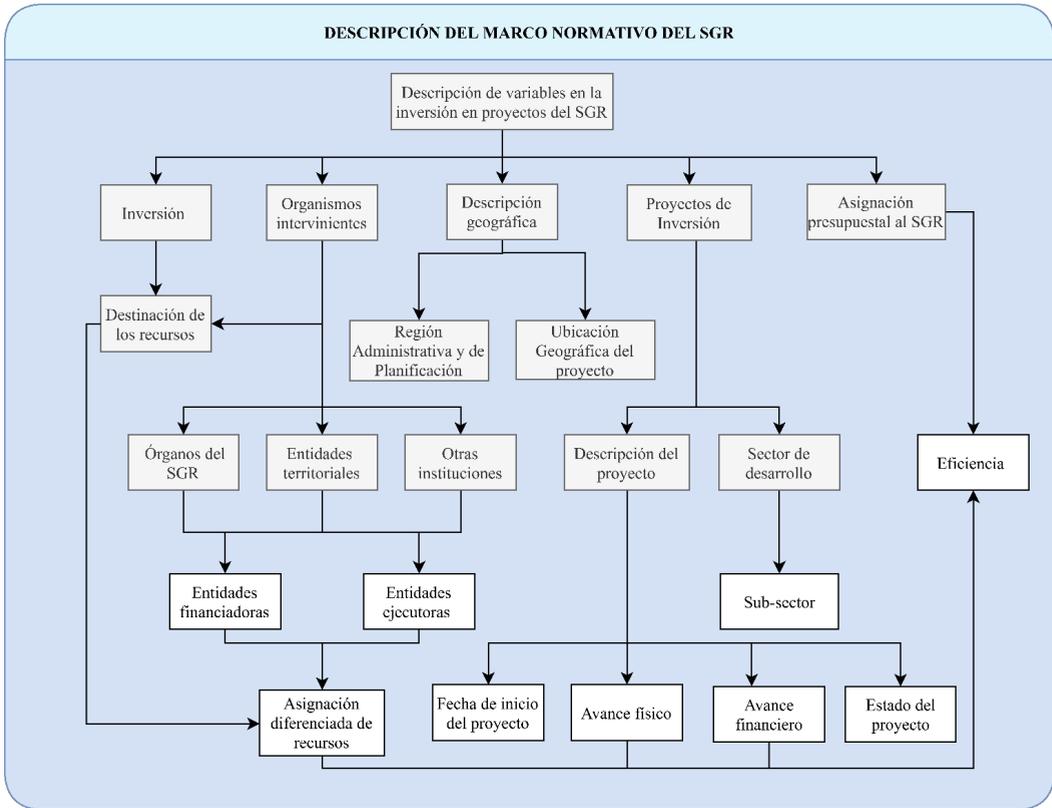


Fig. 2: Variables utilizadas para la descripción de la inversión y complejidad en proyectos de construcción financiados por el SGR.

Fuente: elaboración propia.

Posterior a la identificación y evaluación de las variables expuestas en la Figura 2, se seleccionaron proyectos de inversión destinados a actividades de construcción de infraestructura física.

3.2 Análisis descriptivo de las variables que conforman los proyectos de construcción financiados por el SGR

Se hizo uso de la estadística descriptiva para resumir y describir cuantitativamente las características de la población correspondiente a proyectos de construcción financiados por el SGR. Ello se realizó a través de las siguientes herramientas estadísticas:

- Medidas de tendencia central en la determinación valores cuantitativos situados en el centro de la distribución de la información, relacionada con la caracterización de proyectos de inversión para construcción, con el fin de indicar el valor típico representativo en las variables de estudio.
- Medidas de dispersión para establecer la varianza o difusividad de la información cuantitativa que caracteriza las variables, inmersas en proyectos de construcción financiados por el SGR, mediante estadísticos representativos, distribución de frecuencias y probabilidad dado el caso.
- Medidas de posición para dividir y sectorizar la distribución cuantitativa de las variables en estudio, la cual, al ser ordenada en partes iguales, genera niveles de importancia dado el caso.

Posterior a la descripción y consecución de valores representativos de las variables, relacionadas con proyectos de construcción financiados por el SGR, se realizó una evaluación de pertinencia de las políticas en función con su impacto y eficiencia respecto a las variables que influyen con mayor preponderancia en el éxito de los proyectos en cuestión.

3.3 Correlación entre producción de los sectores económicos e inversión en obras civiles en los años 2015-2019

Con el fin de establecer la relación entre el impacto de estas políticas públicas, y la eficiencia del SGR con respecto a proyectos de construcción, se evaluó la producción bruta del PIB, por medio de la separación de los valores relacionados con derechos e impuestos sobre importaciones, así como: Impuesto de Valor Agregado (IVA) -no deducible e impuestos al producto- (excepto impuestos sobre importaciones e IVA no deducible); subvenciones al producto a precios constantes con datos originales publicados por el DANE trimestralmente en los últimos 5 años (2015-2019), por medio de la selección del valor de producción acumulado del último trimestre de cada año como valor representativo. Asimismo, se seleccionaron las 12 agrupaciones iniciales de la actividad según la última Clasificación de Actividades Económicas CIIU (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2012) y los subsectores que conforman el sector de la construcción.

De igual forma, se evaluó geográficamente el impacto de estas políticas según la financiación, inversión y construcción de obras civiles, en contraste con la producción bruta de las zonas geográficas y entes territoriales financiadores y/o ejecutores, evaluados mediante información recabada a través del Indicador de Importancia Económica Municipal (Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE, 2017). Ello estableció como el peso relativo municipal, en el valor agregado del PIB departamental, en relación con la Evaluación del empleo mediante datos registrados en la gran encuesta integrada de hogares (GEIH), involucra zonas representativas, de esta manera el DANE por medio de información básica sobre el tamaño de la fuerza de trabajo del país, donde los datos de población ocupada en el sector de la construcción se resumieron mediante las medidas de tendencia central y la tasa de variación anual como valor representativo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de la Estructura orgánica del SGR

La Ley 1530 de 2012 “Por la cual se regula la organización y el funcionamiento del sistema general de regalías” (Congreso de la República de Colombia, 2012), define la actual estructura y asignación presupuestal a sub órganos, que a su vez distribuyen los recursos a sectores definidos para la formulación y creación de proyectos acordes a las necesidades evaluadas, ello según la complejidad de las variables involucradas, los interesados y la diversidad de necesidades en relación a su entorno geográfico. La anterior asignación se vincula con entidades del SGR administradoras de los recursos, la cual se desglosa en una estructura orgánica compleja como se observa en la Figura 3.

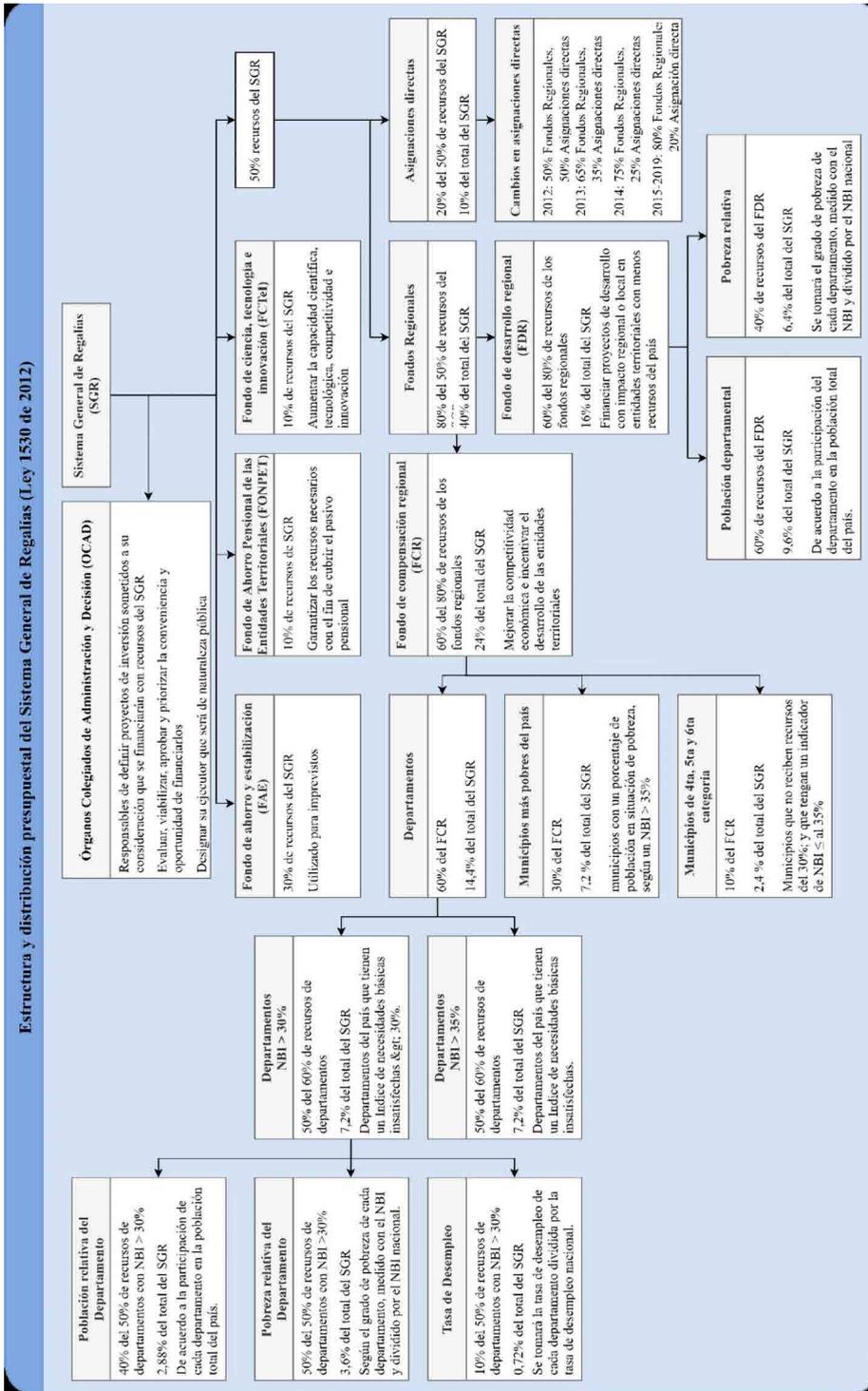


Fig. 3: Estructura orgánica del SGR y sus asignaciones presupuestales
 Fuente: Modificado de la Ley 1530 de 2012 y El Sistema General de Regalías: ¿mejoró, empeoró o quedó igual?, Bonet, Jaime y Urrego, Joaquín, 2014

Los organismos intervinientes, encargados de la distribución y establecimiento de los recursos por necesidades denotan la complejidad inmersa en SGR desde la visión de gerencia de proyectos y política pública, impulsadas por el crecimiento y eficiencia de recursos. Por lo tanto, se observa un impulso en la gestión organizacional con fines relacionados a una descentralizada distribución geográfica, así como de recursos, rendimiento, evaluación de los resultados y rendición de cuentas. Asimismo, la creación de los nuevos fondos- FDR y el FCTeI- distribuidos únicamente entre departamentos, enmarcan el objetivo de competitividad regional, donde la conformación del sistema que promueve la coalición entre territorios de una misma región, o entidad territorial, lleva a cabo proyectos con mayores impactos localizados regionalmente. Adicionalmente, los fondos definidos para la sostenibilidad en el futuro -FONPET y FAE- son asignados por departamento, no obstante, son administrados por instancias del gobierno nacional. Con lo cual, se evidencia la complejidad de los actores intervinientes y la diversidad de funciones que la integración de organismo sustenta. En consecuencia, las inversiones se relacionan directamente con el crecimiento de recursos públicos, lo cual ha generado una creciente diversificación de sus instrumentos de gobierno y formas de organización, utilizadas para prestar los servicios a la ciudadanía (Bonet-Morón & Urrego, 2014; Smith, 2008). En consecuencia, la diversificación presenta un reto importante referente a la articulación de redes y alianzas entre regiones, y otros actores del SGR, como el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, de acuerdo con las apuestas planteadas en los planes de desarrollo y los planes departamentales (Marina & Arévalo, 2015). Asimismo, las políticas planteadas denotan la diversidad de actores involucrados a beneficio, donde todas las entidades territoriales que conforman la geografía nacional pretenden diversificar su accionar con el fin de generar mayores beneficiarios por las políticas, en especial las zonas geográficas que no generan Regalías por explotación de algún recurso no renovables en el subsuelo colombiano. Ello se constata mediante algunas pasadas políticas, donde cinco departamentos no recibían recursos por regalías en 2011 y nueve recibían menos de \$2 mil millones de pesos (1 millón de dólares aproximadamente).

El cambio en la distribución de recursos debe integrarse con organismos que evalúen la pertinencia en la asignación de la totalidad de inversiones realizadas, lo que llevó a formular el SGR, el cual cumple las

funciones, junto a mecanismos para examinar la idoneidad de la inversión mediante proyectos que deben cumplir con estándares y características técnicas formuladas idóneamente, de conformidad a la evaluación de necesidades y recursos para su ejecución. En consecuencia, los Órganos Colegiados de Administración y Decisión (OCAD), surgieron con el fin de evaluar y aprobar los recursos para el pago de dichos compromisos, en relación con el impacto del proyecto. Por lo tanto, el tipo de OCAD, ante el cual se debe presentar la solicitud, depende de las pretensiones que la entidad formuladora o ejecutora del proyecto, en conjunto con la fuente de financiación, intenten generar con dicho proyecto de inversión, integrando la compleja y variada composición de los fondos administradores del recurso con la destinación a diversos sectores previamente diferenciados. Por lo anterior, la composición organizacional del OCAD varía de acuerdo a los distintos rubros que compone el SGR, tal descomposición se realiza mediante distintos fondos (Figura 3), cuyos objetivos están enmarcados en al menos uno de los siguientes cuatro pilares (Bonet-Morón & Urrego, 2014).

- La equidad social y regional
- El ahorro para el futuro
- La competitividad regional
- El buen gobierno

Dichos objetivos, en conjunto con los órganos que conforman el SGR, permite identificar y aprobar los proyectos de inversión, previa aprobación de recursos por el OCAD para su ejecución. Asimismo, se requieren proyectos de impacto regional aprobados por dichos organismos, con pertinencia y conocimiento relacionado a las necesidades a mitigar. Por consiguiente, resulta interesante evaluar la conformación de estos organismos establecidos por medio del Artículo 6 de la Ley 1530 de 2012. Para aprobar los proyectos de inversión, en la actualidad existen siete tipos de OCAD, los cuales cuentan con una estructura organizacional variable y compleja, ello con el fin de involucrar a los actores representativos de las zonas de aceptación y desarrollo del proyecto. Dichos órganos se conforman por representantes de las entidades territoriales, ministerios, entre otras instituciones con competencia para evaluar proyectos coherentes con las necesidades de la población y tipo de sector involucrado. De la misma forma, todo el complejo sistema se centraliza en la comisión

rectora, la cual tiene como fin precisar la política general del SGR, para asegurar su correcto funcionamiento desde el punto de vista financiero y administrativo, lo que incluye el manejo del presupuesto y las regulaciones administrativas del sistema. Esta figura está conformada por distintas entidades territoriales y representantes del DNP, SGR y gobierno nacional (Congreso de la República de Colombia, 2012). La estructura organizacional se expone en la Figura 4.

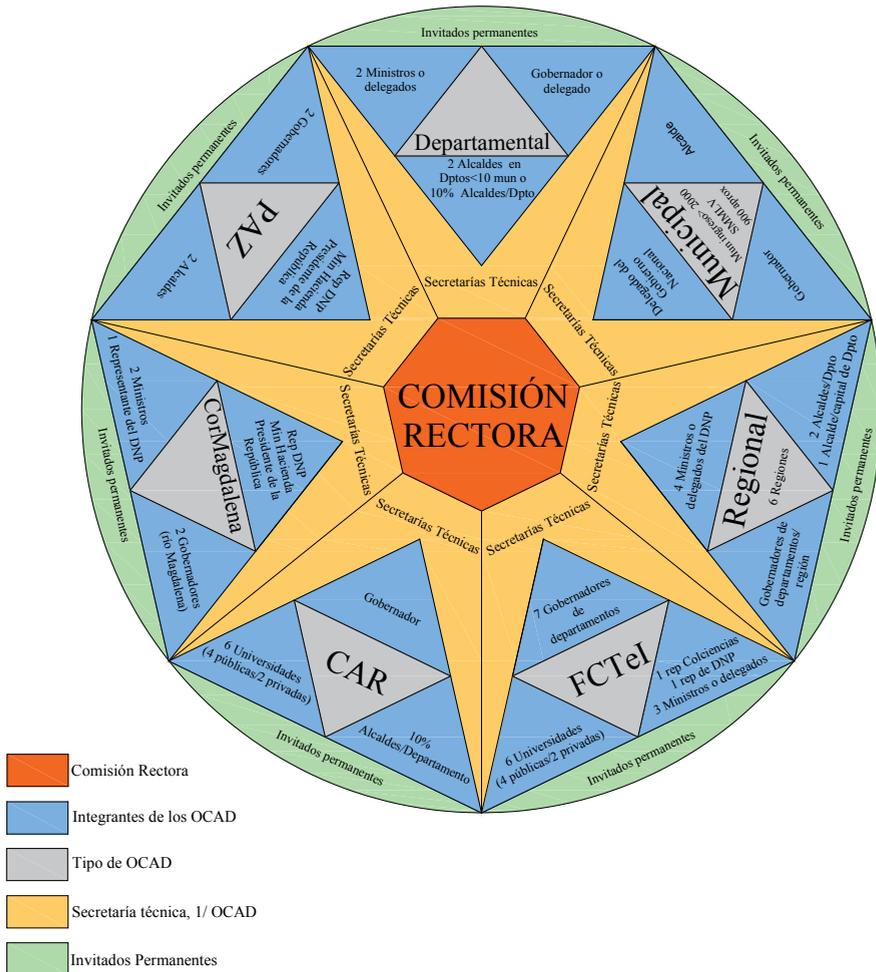


Fig. 4: Estructura y tipos de OCAD en la actualidad.
 Fuente: elaboración propia a partir de la Ley 1530 de 2012.

Por lo anterior, se expone la complejidad inmersa en la estructuración de políticas y organismos estatales, donde los recursos provenientes de la exportación del subsuelo deben navegar por múltiples procesos de financiación, toma de decisiones que incluyen diversos interesados, interés y variación entre las entidades territoriales considerando la estructura de las redes interorganizativas, entre otros aspectos. Por lo tanto, se observa en la Figura 3 y 4, plantea la existencia de sistemas complejos de gobernanza en diversos ámbitos, encaminados a la descentralización de grandes cantidades de rubros estatales en proyectos de inversión que exigen enormes recursos humanos, financieros y tecnológicos. Tal aspecto puede tener efectos más allá de las fronteras nacionales, a razón de los impactos en el desarrollo, lo cual se liga al limitado tiempo en que dicho interés político culmine, según la permeabilidad de representantes elegidos por voto popular en todos los organismos que conforman el SGR. No obstante, dichos proyectos se extienden a menudo más allá del ciclo de vida político de un gobierno, y la esperanza de vida es mucho mayor cuando los beneficios también se incluyen en su terminación y evaluación (Biesenthal, Clegg, Mahalingam, & Sankaran, 2018; Lubell, Mewhirter, Berardo, & Scholz, 2017). Por lo anterior, existen proyectos financiados por el SGR y financiados por el fondo del CTeI, donde se usan tecnologías y nuevos procesos, lo que aumenta el grado de complejidad y metodologías de decisión que involucran a organismo académicos en su evaluación y viabilidad, junto con la variedad de procesos, proyectos y organismos entrañan posibles riesgos, lo que resulta inherente a los proyectos complejos (Kwak et al., 2014).

Sumado a lo anterior, la compleja red de instituciones, fondos de recursos y entidades especializadas en diversos proyectos según la zona geográfica, y las necesidades involucradas en el proyecto, se deben integrar permanentemente con las necesidades de los interesados. Las funciones en proyectos de inversión por el SGR, ha producido demoras en el tiempo de materialización, debido a la cantidad de información que se requiere de los aspectos técnicos, políticos, económicos y ambientales que, a menudo, suelen tener intereses conflictivos sometidos al escrutinio público y medios de comunicación (Marina & Arévalo, 2015). Por lo tanto, las complejas variables, sin el tratamiento adecuado, impiden el aprovechamiento eficiente de los ingresos derivados de la explotación de recursos naturales, en conjunto con los impactos económicos, políticos y sociales adversos de la abundante riqueza mineral. Allí, las rentas tienden

a agravar la desigualdad regional al favorecer a los grupos y regiones que participan directamente en las actividades extractivas (Humphreys et al., 2007; Trojbicz, 2019).

Por lo tanto, los criterios de éxito suelen ser confusos y estar mal representados en conjunto con el poder y la política, lo que afecta la medición en la evolución de dichos proyectos relacionados con su gestión, ello gracias al común cambio de prioridades o dirección, debido a organismos externos. Por consiguiente, se integran procesos jurídicos y reglamentarios como reclamaciones, litigios, cuestiones de seguros, protección, conflictos que producen amplias actividades de solución de controversias, efectos fiscales a lo largo del tiempo, perturbaciones por nuevas reglamentaciones de autoridades gubernamentales y estatutarias, en un contexto cambiante derivado de los múltiples regímenes de gobierno a lo largo de la duración y requisitos del proyecto. Lo anterior, se suma al aseguramiento y conservación de escasos expertos, proveedores especializados y enormes problemas de desplazamiento, a razón de particulares condiciones geográficas que caracterizan el territorio nacional en el plano social y bio-geofísico (Biesenthal et al., 2018). Por lo anterior, una permanente evaluación del desempeño, formulación y sustento de la premisa de complejidad en proyectos del SGR permite enfocar y usar técnicas, metodologías y procesos que integren expertos en diversos ámbitos, con el fin de influir en los procesos emprendidos y determinar las causas de problemáticas derivadas de los mismos.

4.2 Evaluación de proyectos de inversión financiados por el SGR en el periodo 2015-2019

En dicho periodo se financiaron 10435 proyectos por aproximadamente 2,9 billones de pesos colombianos (1,5 billones de dólares aproximadamente), los cuales, iniciaron luego de un proceso de formulación, evaluación y verificación por los OCAD, donde los respectivos actos administrativos fueron realizados por secretaría técnica, responsable de certificar que los procesos y recursos financieros funcionen y generen una evaluación técnica y pertinente con los proyectos de inversión. Posteriormente, la presidencia de dicho OCAD dirigió las sesiones y suscribió los acuerdos, o actas, que allí se dieron. Por último, se validaron por el Comité Consultivo (comité de expertos que apoyan la evaluación de proyectos), encargado de verificar la conveniencia de los proyectos

de inversión presentados que buscaban financiación (Congreso de la República de Colombia, 2012). En la Figura 5., se expone la inversión de proyectos por periodo anual, en conjunto con la cantidad de las actas de aprobación e inicio de los mismos. Ello representa una alta variabilidad en su aceptación, correspondiente con los fenómenos de decrecimiento y crecimiento en función de la inversión y puesta en marcha, lo que denota la agilidad de los órganos intervinientes en las decisiones de aceptación y e inicio, en relación a las solicitudes y proyectos de inversión para su financiación.

Esta variabilidad se relaciona con los recursos de inversión provenientes de la explotación del subsuelo, los cuales se redujeron intempestivamente por fenómenos económicos globales a partir del año 2014. Por lo tanto, la reducción de ingresos externos del país en medio del derrumbe de los precios internacionales del petróleo, afectaron la economía colombiana y generaron incertidumbre económica y política, así com volubilidad en los mercados y reducción del crecimiento económico (International Monetary Fund (IMF), 2019; World Bank Group, 2019), lo que impactó en sus futuras inversiones.

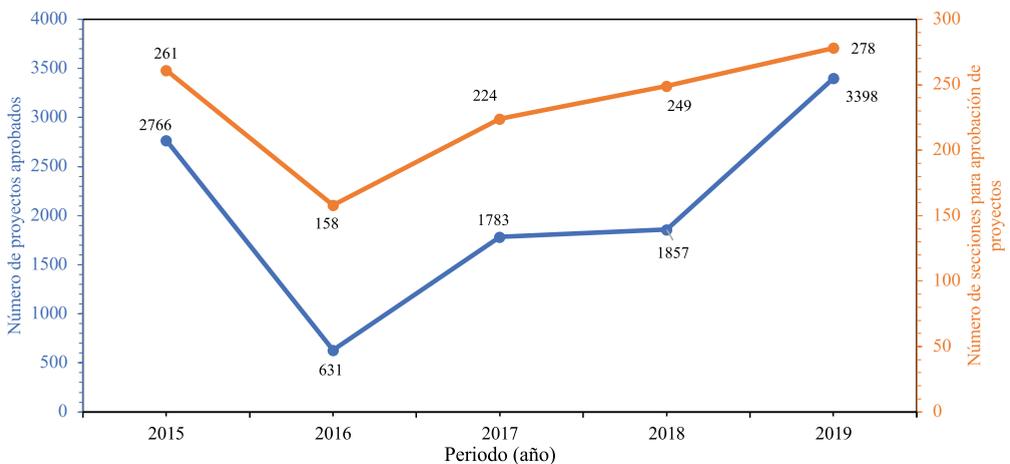


Fig. 5: Cantidad de proyectos aprobados y actas de aprobación de proyectos de inversión entre 2015-2019.

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, la reducción en las exportaciones de materias primas no renovables, para generación de energía como el carbón y la volatilidad en

el mercado del gas y petróleo, afecta la producción y genera una desaceleración del crecimiento, produciendo una reducción en recursos brutos por exportaciones, lo que se traduce en la reducción de los recaudos fiscales y el impacto sobre las finanzas públicas e inversión (Departamento de Estudios Económicos y Técnicos_CAMACOL, 2017; Investigaciones Económicas Corficolombiana, 2019; World Bank Group, 2019). Sin embargo, se observa que posterior al año 2016, la formulación y aprobación de proyectos de inversión creció constantemente hasta el año 2019, observando el mayor crecimiento en los últimos 5 años. Por lo tanto, con el fin de establecer algunas características de estos fenómenos, resulta necesario evaluar la inversión de los proyectos de inversión, lo cual se expone en la Figura 6.

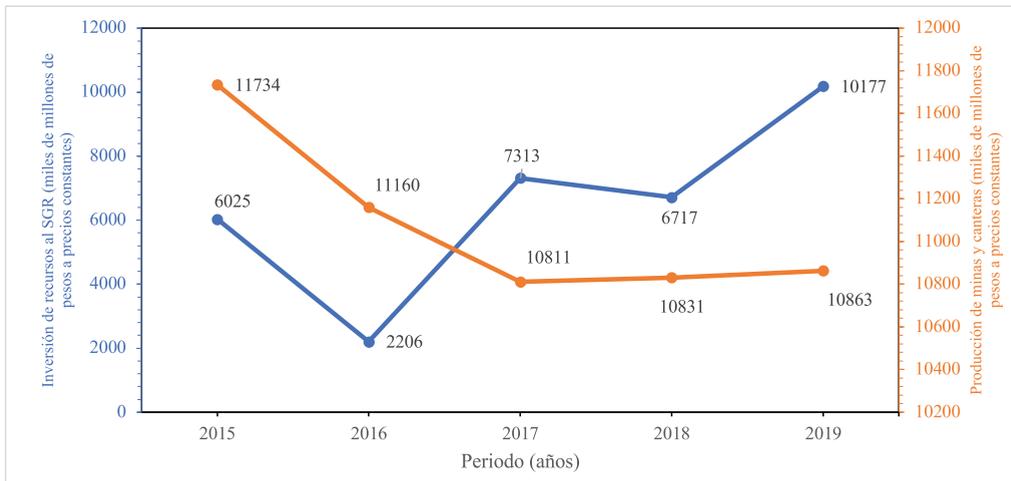


Fig. 6: Histórico de Inversión de recurso del SGR en contraste con la producción del sector de minas y canteras en el país.

Fuente: Elaboración Propia.

Establecido el origen de las inversiones al SGR, en conjunto con la conformación de los organismos conformados para su distribución y ejecución, se procede a la discusión de estos factores.

5. DISCUSIONES

Como se observa en la Figura 6., pese a la continua reducción de ingresos producto de la explotación de minas y canteras como componente principal de los recursos provenientes del SGR, la inversión en proyectos ha aumentado constantemente. Algunos analistas, como Castro Gómez et al. (2019), exponen que este crecimiento en proyectos de inversión es causado por el buen manejo de la política fiscal, que deriva en la sostenibilidad de las finanzas públicas. Asimismo, al evaluar la Figura 5., se establece una visión relacionada con la cantidad de proyectos avalados y formulados donde las rigurosas evaluaciones por los OCAD, al introducir la competencia entre proyectos y establecer mecanismos de administración, seguimiento y control administrativo, generó efectos positivos y significativos sobre la calidad de vida de los habitantes del país, en conjunto con la descentralización de los organismos y recursos en todo el territorio nacional, lo cual generó eficiencia en la materialización de proyectos, los cuales determinan tanto el crecimiento económico a largo plazo como la disminución de las brechas sociales y la estabilidad macroeconómica (Gallego, Maldonado, & Trujillo, 2018). No obstante, la continua desaceleración en la producción nacional ha generado una continua reducción en el sector de la construcción a partir del 2016 que, a diferencia de la crisis del 2008, actualmente decrece tal aspecto, se debe a la volubilidad del sector, pues, dada su naturaleza, manifestada en la variedad y amplitud de proyectos donde interviene, presenta diferencias desde la estructura organizacional de las empresas que lo constituyen en términos de especialidad, tamaño, infraestructura y capacidad económica. Así como, su accionar limitado en el tiempo, soportada en una mano de obra poco capacitada e inestabilidad laboral y una alta dependencia del sector público, este último aspecto ha sustentado en la producción de combustibles fósiles (Ríos-Ocampo & Olaya, 2017).

En consecuencia, el sector es sensible al cambio de políticas internas, el desempeño en la demanda y problemáticas en la ejecución de proyectos, lo que genera una desaceleración del sector desde mediados del año 2016, donde, a inicios del año 2017, el sector registró una contracción anual de -7,4% (Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), 2019; Departamento de Estudios Económicos y Técnicos CAMACOL, 2017). Lo anterior se relaciona con la variación del dólar, que afecta los costos de

materias primas, y repercute en los precios de vivienda, la tasas de interés, problemas de inversión, retrasos en la elaboración de proyectos del sector de la construcción, el aumento inesperado del nivel de endeudamiento y retrasos en las entregas, lo que da cuenta de estudios previos e impactan directamente el Índice de Costo de Vivienda, lo cual repercute en la reducción en la demanda de vivienda (Dalia, Rodríguez, & Cárdenas, 2016). En consecuencia, gracias a estos dos fenómenos externos, se evidencia su efecto en la economía colombiana y la marcada relación de la inversión pública con el sector de la construcción en el país.

5.1 Evaluación de los sectores de inversión financiados por el SGR en el periodo 2015-2019

La distribución de recursos del SGR, en función de los OCAD, y estos, a su vez, en entidades territoriales a partir de la reforma de la Ley 1530 de 2012, permitieron la descentralización de los recursos y la diversificación de los proyectos de inversión, lo cual puede observarse en la Figura 7. En este sentido, los OCAD municipales lideraron la generación de propuestas y proyectos de inversión con un 68,3% de participación, y los departamentos con un 141% en participación de proyectos, los cuales se distribuyen a zonas con mayores necesidades, según lo establece el índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) (Figura 3) y las regiones con un 11,7% de participación. Sin embargo, la cuantía en proyectos de inversión, pese a descentralizar el recurso, acopian el 38,8% y el 30,1% destinado a municipios. No obstante, los OCAD departamentales asumen el 19,1%, lo cual puede ser causado por la destinación especial a ciertas poblaciones del territorio nacional. Otros OCAD, como las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) y Cormagdalena, solo reciben un 0,2% y 0,5% respectivamente debido a la especificidad de los proyectos de inversión.

Al evaluar dichos casos para los proyectos en el periodo de evaluación, como se expone en la Figura 7, se observa que los aprobados por los OCAD regionales tienen mayores cuantías que los evaluados en otros OCADs. Ello obedece al tipo de proyecto de inversión realizado y su alcance, acorde a la investigación realizada por (Botero Ospina, 2016). La cuantía de este tipo de proyecto se enfoca en la ampliación de la red vial urbana, primaria, secundaria y terciaria, al igual que los proyectos

de desarrollo rural, fortalecimiento y mejoramiento de los niveles de educación preescolar, básica y media, enfocadas a reducir la brecha entre regiones. Ello debido, principalmente, a la función de los fondos FDR y su distribución única entre departamentos, debido a que se enmarcan en el objetivo de competitividad regional. Bajo tal sentido, la conformación del sistema promueve la coalición entre territorios de una misma región o entidad territorial para llevar a cabo proyectos de impacto regional (Bonet-Morón & Urrego, 2014).

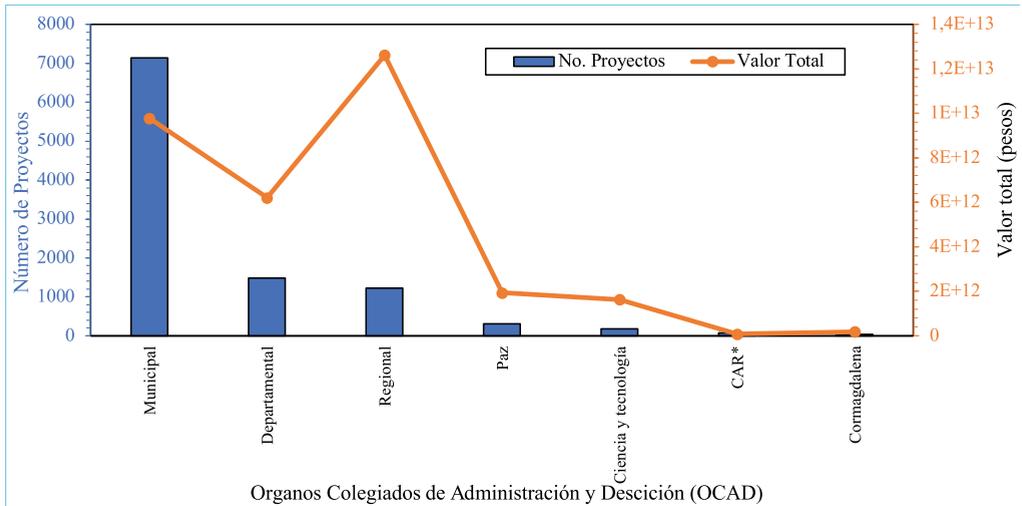


Fig. 7: Número de proyectos y valor de la inversión en proyectos aprobados por los OCADs en el periodo 2015-2019.

Fuente: Elaboración Propia.

Asimismo, los proyectos y recursos evaluados y aprobados por el OCAD, Paz, Ciencia y Tecnología, pese a realizar menor cantidad de proyectos (2,9% y 1,7% respectivamente) perciben una cantidad de recursos mayor que las corporaciones autónomas con un porcentaje de 5,9% y 5,0 respectivamente. Fenómeno relacionado con los fondos de CTeI (Figura 3), los cuales buscan promover la investigación y la aprobación de proyectos financiados con recursos del FCTe,I mediante la OCAD de ciencia, tecnología e innovación, único en el país.

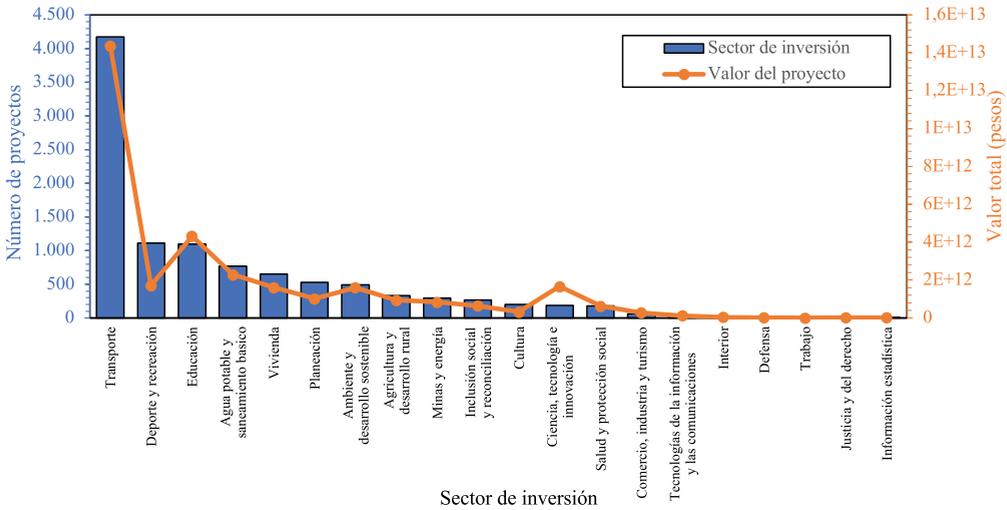


Fig. 8: Proyectos y valores totales financiados por el SGR en el periodo 2015-2019.

Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, la naturaleza de estos proyectos, y su alcance, son causados por la aprobación ante un comité representativo del gobierno nacional. Por lo tanto, sumando la complejidad de los proyectos y los mecanismos de distribución, su cuantía es poca y sus montos altos. El mismo fenómeno se observa con los proyectos evaluados, difiriendo en las complejas condiciones geográficas y socioeconómicas que buscan impactar (Bonet-Morón & Urrego, 2014; Carlos & Arciniegas, 2020). De igual forma, la Figura 8., es dicente a razón del enfoque localizado en el sector de inversión de transporte, donde el 40,0% de proyecto se financia con el 44,3% de los recursos dirigidos al SGR. Dicho sector focaliza proyectos destinados a la construcción de infraestructura vial primaria, secundaria y terciaria, incluyendo proyectos en transporte aéreo, férreo, marítimo y fluvial, para fortalecer los servicios logísticos, de transporte público y seguridad vial (Dirección de Inversiones y Finanzas Públicas, 2018). Teniendo en cuenta lo anterior, los objetivos de los proyectos viabilizados en el sector, permiten el fortalecimiento general dado que estos se requieren en todo el territorio nacional, al ser coherente con la reducción de la brecha entre regiones, coadyuvando la conectividad municipal, departamental y regional, así como al fortalecimiento de cadenas productivas, el crecimiento económico y la competitividad. La Figura 9, muestra

la destinación de recursos para proyectos de inversión en función de su aprobación en los OCADs respectivos.

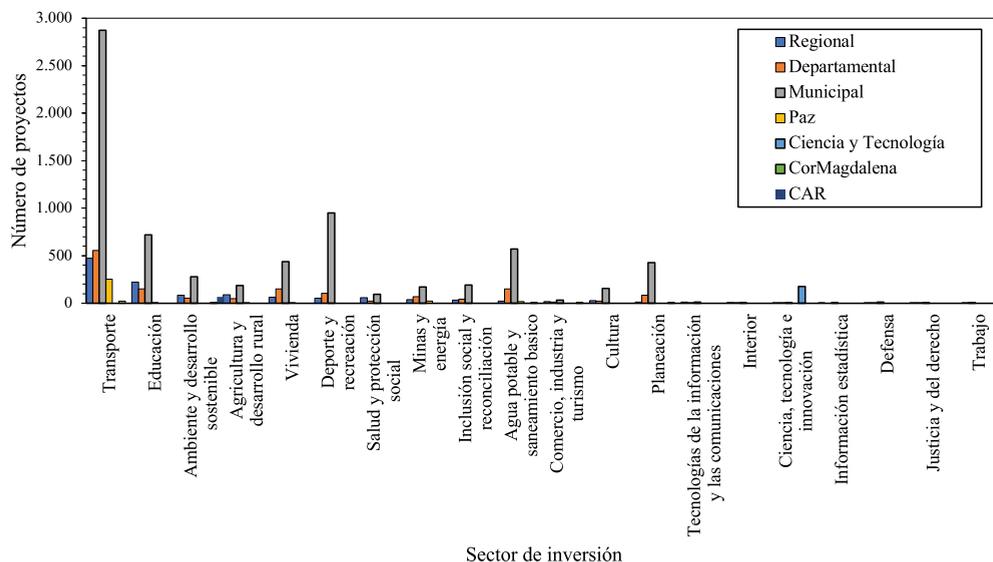


Fig. 9: Destinación de recursos para proyectos de inversión en función de los OCADs.
Fuente: *Elaboración Propia.*

La Figura 9., expone cómo la gran mayoría de proyectos ejecutados en OCAD, se relacionan con entidades territoriales (regiones, departamentos y municipios). Ello resulta coherente con el número total de OCAD en las entidades territoriales, las cuales son mucho mayores que los OCAD de carácter especial (Paz, Ciencia y Tecnología, Cormagdalena y CAR). Asimismo, las dificultades técnicas al formular los proyectos no permiten sortear las evaluaciones, especialmente en OCAD para proyectos de destinación específica. Por lo anterior, el aspecto se observa en su poca participación, ya que el SGR establece que las regalías distribuidas no pueden ser ejecutadas hasta que los entes territoriales formulen un proyecto de inversión de impacto local o regional, según sea el caso, aprobado por el OCAD correspondiente. Dicho mecanismo creado para priorizar y propiciar la mejor asignación de los recursos, se convirtió en una dificultad para muchas entidades territoriales (Bonet-Morón & Urrego, 2014).

Un elemento adicional se expone al evaluar el tipo de proyectos que se financian con regalías. La eficiencia en el uso de los recursos, y la priorización de los mismos en sectores con mayor rezago dentro de los departamentos y municipios, es un factor fundamental para un efectivo cumplimiento de los objetivos del SGR. Por lo tanto, concuerda con los problemas históricos en materia de infraestructura para transporte que, desde 2007 (hace 13 años), Colombia solo ha aumentado tres posiciones en América Latina, situándose en el puesto 12 entre 18 países, superada por más del 50% de los países del mundo. En este sentido, el factor factor se debe, principalmente, a la falencia donde se suma la calidad de los servicios de transporte e ineficiencia en aduanas y puertos (Bonet-Morón & Urrego, 2014; Cortés Villafradez, 2018) cómo el desarrollo de infraestructura fue un elemento importante de la competitividad, durante el periodo 2006-2016. En esta investigación se compara el comportamiento de la inversión en infraestructura de transporte frente a variables que miden los resultados de la competitividad de la misma, como lo son: costos, tiempo, calidad y desempeño logístico para cada uno de los países miembros de la Alianza del Pacífico, basado en fuentes de información tales como el Banco Mundial, World Economic Forum (WEF. Muy por debajo, se encuentran los sectores de inversión de deporte y recreación, educación. Agua potable, saneamiento básico y vivienda presentaron un porcentaje de proyectos de 10,6%, 10,5%, 7,3%, 6,2% respectivamente. Estas diferencias con el impacto de recursos a proyectos de inversión en transporte se suman los incentivos formulados en esta materia para facilitar la licencia social o aprobación de las comunidades, las regiones, o municipios con puertos marítimos y fluviales, donde existe transporte de productos, reciban un 25% del total de los ingresos corrientes del sistema, de los cuales el 5% se destinaría a los municipios con posibilidad de anticipo (Castro Gómez et al., 2019). Por lo anterior, existe una concentración de recursos de inversión, destinados a proyectos de construcción específicos. Por lo tanto, el impacto debe estar relacionado con la zona geográfica de influencia, dado que uno de los objetivos de las políticas del SGR se enmarcan en la equidad social y regional (Congreso de la República de Colombia, 2012). La Figura 10 muestra el número de proyectos e inversión por departamentos.

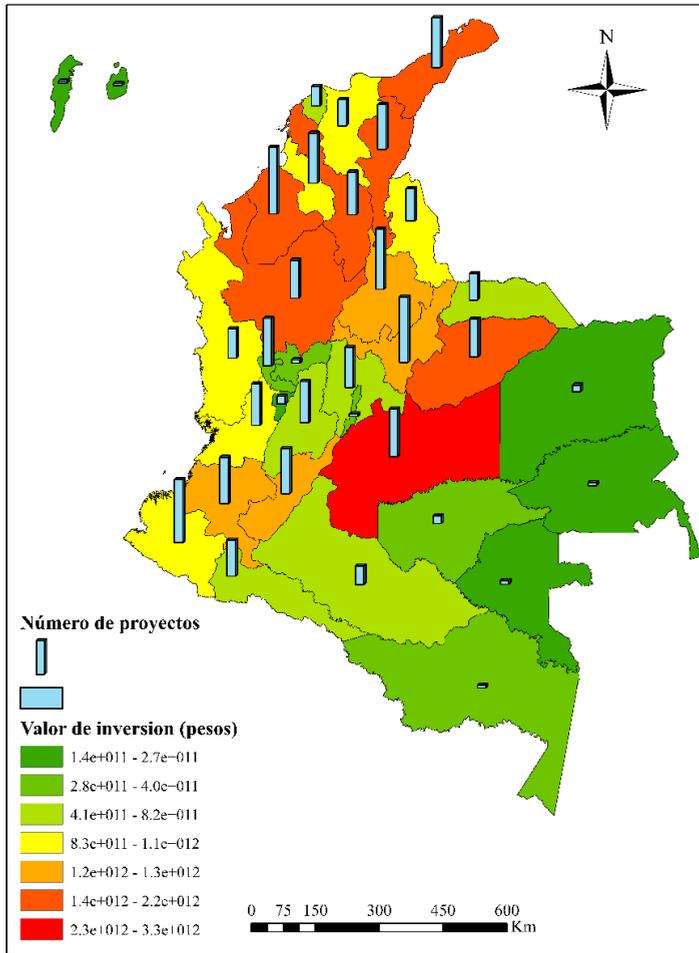


Fig. 10: Inversión y número de proyectos desarrollados en los departamentos que conforman la República de Colombia.

Fuente: Elaboración Propia.

La asignación recursos y proyectos abarca a todos los departamentos del país a diferencia de antiguos regímenes que reglamentaban la distribución de regalías, como ya se ha mencionado anteriormente. Por lo tanto, la descentralización fiscal, mediante la transferencia de recursos de la nación a las regiones, departamentos y municipios, ha posibilitado una ampliación de la cobertura de los servicios de infraestructura física, educación y salud, pretendiendo descentralizar la ejecución del gasto público nacional, el cual, a pesar de estos esfuerzos, continúa centrali-

zada en la capital del país (Bogotá, D.C.). No obstante, la política de desarrollo regional y municipal ha persistido a través del tiempo, e incluso se ha ampliado a todas las normas que regulan las finanzas territoriales como consecuencia de la creación y reglamentación del SGR en 2011 (Hernández & Barreto, 2018), lo cual es evidente al observar la destinación y número de proyectos asignados a la capital del país. Asimismo, al evaluar los entes territoriales generadores de regalías, mediante producción y/o afectación por el transporte, producción, distribución, antes de la nueva ley que conforma el actual SGR, se encontraban altamente concentradas en pocos territorios, específicamente en siete departamentos (Arauca, Casanare, Cesar, Guajira, Huila, Meta y Santander). Allí se concentraron el 70% de los recursos asignados en el periodo 2002 – 2011, impactando solo en el 14% de la población colombiana (Bonet-Morón & Urrego, 2014).

Por lo tanto, las asignaciones del SGR desde el 2012 se han rezagado únicamente al departamento de Arauca, el cual, no percibe una cantidad significativa de recurso del SGR por la formulación de pocos proyectos de inversión. Algunos autores relacionan las transferencias por regalías con la generación de una escasa actividad económica, y la captura de rentas y corrupción, todas estas características de territorios abocados a la denominada maldición de los recursos (Castro Gómez et al., 2019). Los departamentos que lideran la asignación de recursos y formulación de proyectos del SGR, son: Antioquia, Nariño, Valle del Cauca y Boyacá. Nariño se presenta como un caso particular, ya que es uno de los departamentos con mayor índice de capacidad institucional y de regalías otorgadas, aun cuando en el pasado no figuraba como uno de los receptores tradicionales de regalías. Así mismo, los recursos del Fondo de Ciencia y Tecnología se canalizan en departamentos centrales, que resultan beneficiados con la mayor cantidad de proyectos de desarrollo regional (Botero Ospina, 2016).

5.2 Evaluación de los sectores de inversión relacionados con la construcción y financiados por el SGR en el periodo 2015-2019

El comportamiento de la inversión en obras civiles, por recursos provenientes del SGR o inversión estatal, es variado; sin embargo, la mayoría de actividades de construcción corresponde al sector de inversión en transporte, el cual fundamenta sus procesos en actividades constructivas según lo establece la última versión del Manual de Clasificación de

la Inversión Pública (Dirección de Inversiones y Finanzas Públicas, 2018). Allí, las crisis económicas anteriormente mencionadas han impactado en los rubros de inversión y ejecución de proyectos de construcción, como se expone en la Figura 11 y Figura 12, donde se compara el comportamiento de los estados generales y el número de proyectos en el periodo de estudio.

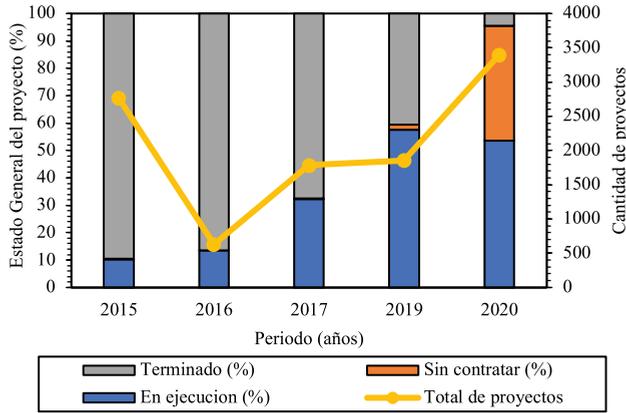


Fig. 11: Estado general y total de proyectos del SGR.

Fuente: Elaboración propia

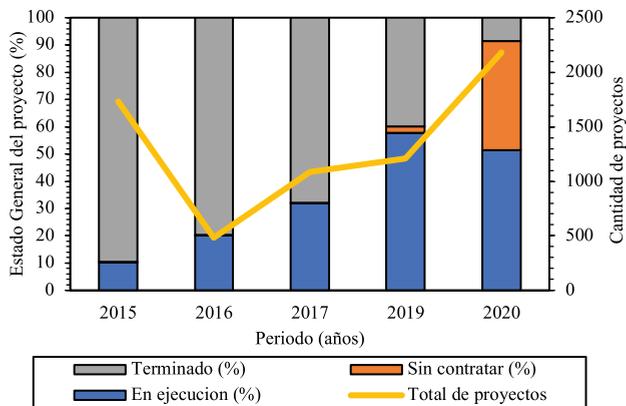


Fig. 12: Estado general y total de proyectos de construcción del SGR.

Fuente: Elaboración propia

El comportamiento de la inversión en proyectos, en conjunto con su estado general que puede ser separado en tres categorías (en ejecución, sin contratar y terminado), demuestra un aumento en la asignación de recursos posterior al año 2016, donde, prácticamente, las obras civiles dominan el comportamiento del SGR sobre otro tipo de sectores de inversión, abarcando un histórico de 55% o incluso 64% (ver Tabla 1). En consecuencia, el comportamiento de las inversiones relacionadas con obras civiles y procesos constructivos definen el comportamiento global de las inversiones, a pesar de la reducción de ingresos por explotación de recursos estratégicos no renovables, el componente principal de los recursos del SGR, la inversión en proyectos de construcción, ha aumentado constantemente. Pese a las circunstancias, se observa en las Figuras 11 y 12, la existencia de un incremento significativo en las obras de construcción sin contratar, aumentando hasta un 40% en el año 2019, en función de la cantidad de proyectos aprobados, de manera que pueda deberse a las mismas restricciones técnicas de los OCAD, dado que, al iniciar la ejecución de los proyectos, la complejidad en realizar cambios genera un estancamiento de los mismos, en conjunto con una estimada saturación en los órganos, lo que causaría un aumento en los estados de proyectos sin contratar. Por lo tanto, la ventaja de los OCAD en la rigurosidad técnica, los procesos de aprobación y adjudicación se contraponen con las dificultades en la buena ejecución de los proyectos.

Asimismo, se observa un crecimiento sostenido en inversión para obras civiles, ocupando un valor máximo de 64,1% de recursos del SGR en 2018; sin embargo, a 2019 la cifra se ha reducido en función de la ejecución presupuestal del SGR en este tipo de proyectos (Tabla 1). Esto fue causado por la persistente volubilidad y propensión de la economía a factores externos, lo que afectó la producción y generó una alta variación en el sector (Investigaciones Económicas Corficolombiana, 2019; World Bank Group, 2019). En consecuencia, según fuentes del Fondo Monetario Internacional (FMI) (2019), muchos países impusieron restricciones a la exportación en 2020, lo que implica riesgos para las perspectivas de crecimiento del económico. Por lo anterior, el mercado global se encuentra en un ambiente de incertidumbre económica y política, la volubilidad en los mercados y la reducción del crecimiento, a la par con el recrudecimiento de las tensiones comerciales, incluida la reciente escalada entre las principales economías, junto a una desaceleración de la inversión mundial y un descenso de la confianza, continúan más allá de lo contemplado en los pronósticos (International Monetary Fund (IMF), 2019; World Bank Group, 2019).

El endurecimiento de las condiciones financieras y el debilitamiento del estímulo fiscal son los principales impulsores de la desaceleración del crecimiento económico, la cual se ha proyectado y recrudecido en el año 2019. Por consiguiente, el contexto externo es volátil y podría implicar un endurecimiento financiero mundial, así como una escalada de tensiones comerciales entre diversas potencias mundiales podrían descarrilar la recuperación económica de América Latina, el Caribe y Colombia. Por lo anterior, muchos autores coinciden en la inexistencia de una guía formulada hacia el desarrollo o características o políticas públicas. No obstante, es común que en países emergentes se implementen políticas públicas siguiendo metodologías keynesianas, es decir: estimulando la demanda, generando un leve crecimiento sostenido, permitiendo el pago de los atrasos en el gasto público y el aumento en la capacidad de inversión, y el impulso de las economías basadas en la extracción de materias primas (Zuleta, 2018). Dicho fenómeno se expone en la Figura 13.

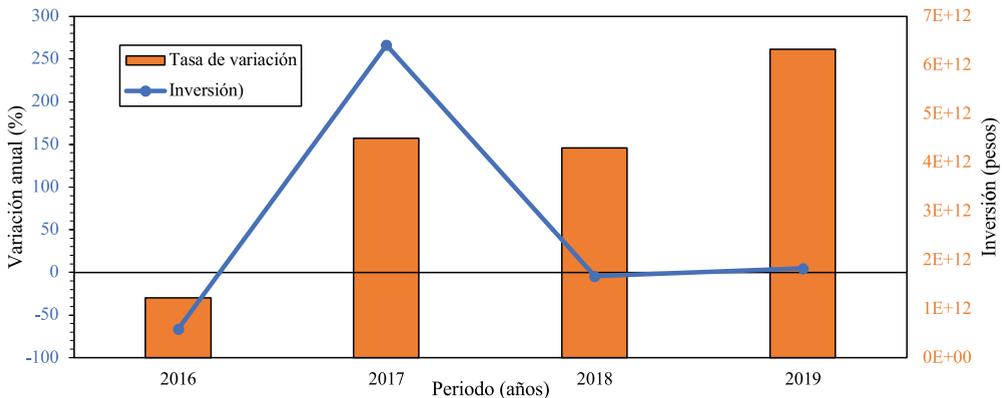


Fig. 13: Inversión y su variación en recursos destinados a proyectos de construcción por el SGR.

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, la implementación de estas políticas ha sido continua, especialmente en el gasto público, el cual, estimula la economía a corto plazo mediante ingresos estándar, efectos multiplicadores y ayudan a devolver la producción a su potencial. En consecuencia, el gasto de inversión del gobierno se ha direccionado en infraestructura, no obstante, tiene ventajas adicionales, pues un aumento del gasto público a corto plazo también aumenta el acervo de capital público productivo, o la productividad total de los factores a largo plazo (PTF).

Tabla 1: Destinación de recursos a proyectos de construcción en sectores y subsectores de inversión del SGR. Fuente: *Elaboración propia*

Sector	Sub sector	Inversión	Periodo(año)				
			2015	2016	2017	2018	2019
Agua potable y saneamiento básico	Valor total del sector (pesos)		\$505,896,734,747	\$180,002,989,768	\$377,031,608,835	\$388,746,887,982	\$834,595,501,564
	Acueducto alcantarillado y plantas de tratamiento		95.23	94.8	88.91	96.3	95.54
	Conexión intradomiciliaria	Participación (%)	0.2	0	0	0	0
	Embalses y represas		0	1.97	0	0	0
	Residuos sólidos		4.58	3.23	11.09	3.7	4.46
Defensa	Valor total (pesos)		\$8,741,857,885	\$1,151,850,000	\$756,859,105	\$2,338,354,023	\$4,049,357,491
	Infraestructura de las FFMM	Participación (%)	6.65	0	0	100	14.51
Deporte y recreación	Valor total (pesos)		\$301,699,961,893	\$52,225,550,341	\$316,884,015,975	\$484,504,116,246	\$554,182,280,750
	Infraestructura deportiva	Participación (%)	77.86	65.62	79.45	93.27	94.7
Inclusión social y reconciliación	Valor total (pesos)		\$259,996,637,247	\$41,926,945,308	\$97,666,753,216	\$96,999,817,863	\$145,137,011,366
	Infraestructura social y comunitaria	Participación (%)	66.11	3.25	40.98	13.84	18.46
Vivienda	Valor total (pesos)		\$508,762,556,322	\$57,929,852,118	\$291,224,834,086	\$265,375,029,238	\$491,163,115,908
	Desarrollo urbano		6.59	30.74	18.4	29.48	9.78
	Vivienda rural	Participación (%)	33.15	36.27	26.87	9.8	16.53
	Vivienda urbana		60.26	32.99	54.73	60.73	73.69
	Valor total (pesos)		\$2,234,840,935,360	\$955,870,304,252	\$3,544,665,764,526	\$3,185,560,702,743	\$4,449,938,757,349
Transporte	Aeroportuaria		3.28	0	1.36	0.09	0.2
	Férea		0	0	0	0	0.22
	Fluvial		1.33	1.98	0.47	0.68	0.87
	Red urbana	Participación (%)	45.41	44.68	37.39	31.71	31.14
	Vial red primaria		0.03	0	0.1	0.52	0.7
	Vial red secundaria		22.68	36.21	35.66	23.44	16.36
	Vial red terciaria		27.27	17.13	25.02	43.56	50.51
Total, inversión (pesos)		\$3,656,771,515,115	\$1,229,433,852,146	\$4,504,713,506,022	\$4,307,341,338,785	\$6,327,911,318,208	
Participación en el SGR (%)		\$60.69	\$55.73	\$61.60	\$64.13	\$62.18	

Por lo anterior, se ha establecido que la eficiencia y soporte del sector de la construcción, y su principal participación en proyectos de inversión del SGR, especialmente en situaciones críticas donde la reducción de recursos impidió el crecimiento en la asignación de recursos y formulación de proyectos de inversión en este sector, contrariamente a otros sectores de inversión ha ganado presupuesto y aumentado la cantidad de proyectos, como se expone en la Figura 14.

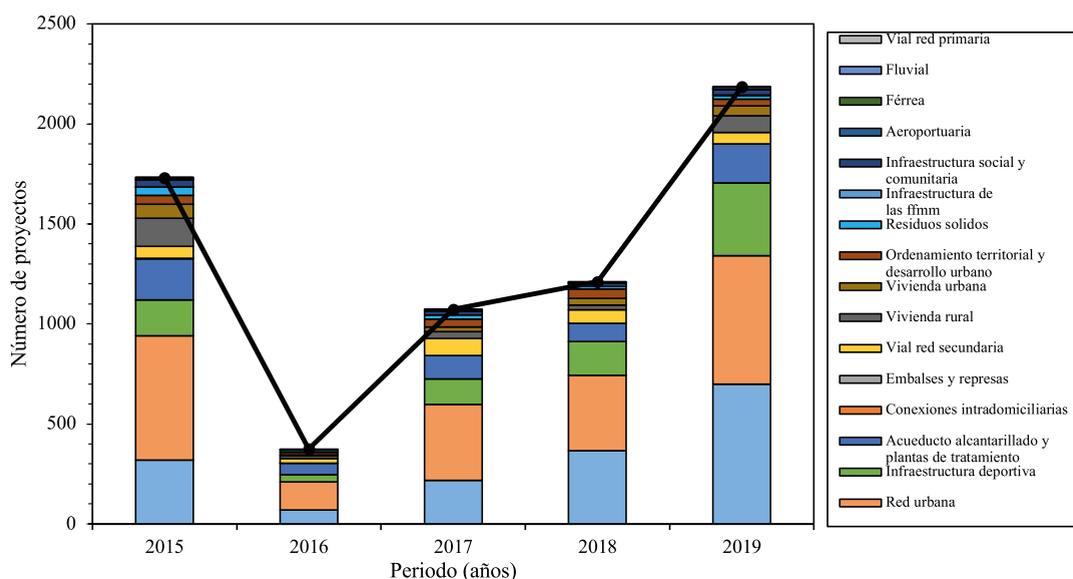


Fig. 14: Proyectos de construcción aprobados por el SGR según sus Subsectores de inversión.

Fuente: Elaboración propia

Lo anterior, denota el impacto de la crisis económica en la inversión de infraestructura y, en general, al SGR en 2016, así como denota que las actividades del sector transporte recoge el $63,7\% \pm 4,1\%$ (utilizando distribución t-student, con confianza del 95%) de los proyectos de inversión. Tal característica resulta coherente con las actividades desempeñadas por el sector de la construcción como los gastos de inversión al sector público mediante construcción de infraestructura y reflejar el rezago y necesidades de la nación en la producción de bienes de capital fijo, especialmente la infraestructura de transporte, considerada como uno de los principales cuellos de botellas para la competitividad del país, con efectos

nocivos sobre la industria, el agro y el comercio y demás sectores que conforman el aparato productivo. Ello impide los flujos del comercio interno y externo óptimamente al concentrar más del 70% del transporte de carga en el modo carretera, lo cual es coherente con el gasto del transporte en Colombia (Clavijo et al., 2014). Sumadas estas condiciones, la propensión de la inversión y gastos de formación bruta de capital fijo, a las condiciones económicas externadas dadas las políticas de exportación de recursos no renovables, han generado una variabilidad importante en su inversión. De otra parte, los cambios se observan desglosando los activos fijos en la Figura 38.

6. CONCLUSIONES

Gracias a la presente investigación, fue posible establecer el papel de la inversión en el desarrollo social colombiano a través del Sistema General de Regalías y el papel del sector de la construcción, este último define el comportamiento global de las inversiones, a pesar de la reducción de ingresos por explotación de recursos estratégicos no renovables, componente principal de los recursos provenientes de regalías, lo cual, es sustentado por su protagónica labor en la reactivación económica, generación de empleo y activación de otros sectores económicos, a través del aparato estatal, de manera que la compleja organización del Estado se manifiesta en la conformación de SGR y OCAD, originadas en políticas públicas destinadas a descentralizar los recursos de inversión, y focalizadas en las mayores prioridades y necesidades de la población a causa de los cambios generados por diversas y complejas dinámicas económicas, nacionales e internacionales, estas impiden la constante asignación de recursos provenientes de regalías en la nación. De otra parte, las políticas conforman una compleja red de organismos para la descentralización y distribución de recursos, destinados a solventar las necesidades manifiestas en diferentes grupos de interesados prioritariamente. En consecuencia, el sector de la construcción, mediante diferentes tipos de proyectos de inversión, establecen la complejidad inherente al desarrollo social a través de la rigurosa evaluación técnica que estos organismos proveen para su aprobación, de esta manera generar un notorio crecimiento cual, generó un notorio un crecimiento en la destinación de estos recursos, pese a la reducción de regalías, destinadas en su gran mayoría a proyectos de infraestructura

vial, como respuesta al rezago en este tipo de obras civiles en la nación, así como las condiciones técnicas similares para la formulación de los proyectos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahn, S., Shokri, S., Lee, S., Haas, C. T., & Haas, R. C. G. (2017). Exploratory Study on the Effectiveness of Interface-Management Practices in Dealing with Project Complexity in Large-Scale Engineering and Construction Projects. *Journal of Management in Engineering*, 33(2), 1–12. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000488](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000488)
- Asamblea Constituyente de Colombia. *Constitucion Política de Colombia*, (1991).
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI). (2019). *Colombia: Balance 2018 y Perspectivas 2019*. Bogotá, Colombia.
- Baccarini, D. (1996). The concept of project complexity - A review. *International Journal of Project Management*, 14(4), 201–204. [https://doi.org/10.1016/0263-7863\(95\)00093-3](https://doi.org/10.1016/0263-7863(95)00093-3)
- Bakhshi, J., Ireland, V., & Corral De Zubielqui, G. (2015). Australian Institute of Project Management AIPM, 2015 National Conference. *Exploring Project Complexities: A Critical Review of the Literature*. Hobart, Australia: Australian Institute of Project Management.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.06.002>
- Biesenthal, C., Clegg, S., Mahalingam, A., & Sankaran, S. (2018). Applying institutional theories to managing megaprojects. *International Journal of Project Management*, 36(1), 43–54. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.06.006>

- Bonet-Morón, J. A., & Urrego, J. (2014). El Sistema General de Regalías: ¿Mejoró, empeoró o quedó igual? *Documentos de Trabajo sobre Economía Regional*, 198. Retrieved from: <http://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/3111>
- Botero Ospina, M. E. (2016). Impacto de las regalías en la inversión pública municipal: la desconcentración concentrada. *Equidad y Desarrollo*, (26), 39. <https://doi.org/10.19052/ed.3813>
- Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL). (2019). *Prospectiva Edificadora, Una visión de corto y mediano plazo* (Tercera Ed.). Bogotá, D.C.: Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL).
- Carlos, J., & Arciniegas, Z. (2020). Agua potable y saneamiento básico rural como política en territorios con más pobreza y violencia. *Revista de Ingeniería*, 49, 70–75.
- Castro Gómez, S., Vera Sandoval, A., & Montoya Moreno, G. (2019). *Una mirada a la reforma del Sistema General de Regalías*. Retrieved from: www.yodecidomibanco.com
- Chih, Y. Y., & Zwikael, O. (2015). Project benefit management: A conceptual framework of target benefit formulation. *International Journal of Project Management*, 33(2), 352–362. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.06.002>
- Chu, D., Strand, R., & Fjelland, R. (2003). Theories of complexity: Common denominators of complex systems. *Complexity*, 8(3), 19–30. <https://doi.org/10.1002/cplx.10059>
- Clavijo, S., Vera, A., Malagón, D., Parga, Á., Joya, S., Ortiz, M. C., & Ordóñez, L. (2014). *Costos de transporte, Multimodalismo y la competitividad de Colombia*. Bogotá, D.C: Asociación Nacional de Instituciones Financieras.
- Congreso de la República de Colombia. *Ley 1530 de 2012, por la cual se regula la organización y el funcionamiento del Sistema General de Regalías*, (2012).

- Córdova, J., & Alberto, C. (2018). Medición de la eficiencia en la industria de la construcción y su relación con el capital de trabajo. *Revista Ingeniería de Construcción*, 33(1), 69–82.
- Cortés Villafradez, R. A. (2018). ¿Qué tan competitivos son los países miembros de la Alianza del Pacífico en infraestructura de transporte? *Revista EAN*, 85, 1–29. <https://doi.org/10.21158/01208160.n85.2018.2055>
- Dalia, E., Rodríguez, C., & Cárdenas, M. V. (2016). Efectos de la variación del precio del dólar en el sector de la construcción en Medellín, 2012 - 2016. *En-Contexto*, 57(7), 127–153.
- Dao, B., Kermanshachi, S., Shane, J., Anderson, S., & Hare, E. (2016a). Exploring and Assessing Project Complexity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(5). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001275](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001275)
- Dao, B., Kermanshachi, S., Shane, J., Anderson, S., & Hare, E. (2016b). Identifying and Measuring Project Complexity. *Procedia Engineering*, 145(October), 476–482. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.024>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE. (2012). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas Revisión 4 adaptada CIIU Rev . 4 A. C.* Retrieved from: https://www.dane.gov.co/files/nomenclaturas/CIIU_Rev4ac.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE. (2017). *Indicador de importancia económica municipal*. Bogotá, D.C.: Departamento Administrativo nacional de estadística de Colombia DANE.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE. (2019). *Boletín Técnico Índice de Costos de la Construcción de Vivienda - ICCV, Octubre de 2019*. Retrieved from: http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/iccv/pres_iccv_jun16.pdf

- Departamento de Estudios Económicos y Técnicos_CAMACOL. (2017). *Tendencias de la construcción, Economía y coyuntura sectorial*. Bogotá, D.C.
- Dirección de Inversiones y Finanzas Públicas. (2018). *Manual de Clasificación de la Inversión Pública*. Bogotá, D.C.
- Ellinas, C., Allan, N., & Johansson, A. (2018). Toward Project Complexity Evaluation: A Structural Perspective. *IEEE Systems Journal*, 12(1), 228–239. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2016.2562358>
- Ellis, L., & Mice, C. (2019). Factors in fluencing triple constraints in public sector projects in Trinidad and Tobago. *Ice Publishing*, 172(4), 157–169.
- Fondo Monetario Internacional (FMI). (2019). *Informe Anual del FMI 2019, Nuestro mundo conectado*. Retrieved from: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/ar/2019/eng/assets/pdf/imf-annual-report-2019-es.pdf>
- Friedli, T., Mundt, A., & Thomas, S. (2014). Strategic management of global manufacturing networks, Aligning Strategy, Configuration, and Coordination. In *Production Planning & Control*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.962250>
- Gallego, J., Maldonado, S., & Trujillo, L. (2018). Blessing a Curse? Institutional Reform and Resource Booms in Colombia. *Working Paper - Banco de La Republica*, 016225(216), 61. Retrieved from http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/eventos/archivos/sem_bogota_515.pdf
- Geraldi, J., Maylor, H., & Williams, T. (2011). Now, let's make it really complex (complicated): A systematic review of the complexities of projects. *International Journal of Operations and Production Management*, 31(9), 966–990. <https://doi.org/10.1108/01443571111165848>
- Guzmán-Finol, K. K., & Estrada, A. M. (2016). Los gobiernos departamentales y la inversión de regalías en Colombia. *Documentos de*

Trabajo sobre Economía Regional y Urbana; No. 236, 10(236), 119–163. Retrieved from <http://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/6937>

- Hagan, G., Bower, D., & Smith, N. (2011). Managing complex projects in multi-project environments. In C. Egbu & E. C. W. and Lou (Eds.), *Procs 27th Annual ARCOM Conference* (pp. 787–796). Bristol, UK: Association of Researchers in Construction Management.
- Hatzius, J., Phillips, A., Mericle, D., Hill, S., Struyven, D., Chen, B., ... Walker, R. (2018). 2019 Outlook: The Home Stretch. *Goldman Sachs US Economics Analyst*, 1(November 2018), 1–15.
- Hernández, A., & Barreto, L. H. (2018). Descentralización y Finanzas Territoriales. *Cuadernos de Fedesarrollo*, 59, 1–94.
- Humphreys, M., Sachs, J. D., & Stiglitz, J. E. (2007). *Escaping the Resource Curse*. New York: Columbia University Press.
- IBM Corporation. (2010). *Capitalizing on Complexity, Insights from the Global Chief Executive Officer Study*. <https://doi.org/10.2190/HFLG-14N9-KF8L-4FMD>
- International Monetary Fund (IMF). (2019). *World Economic Outlook, Weakening of global expansion*. Davos, Switzerland.
- Investigaciones Económicas Corficolombiana. (2019). *Servido al carbón*. Bogotá.
- Kamenetskii, M. I. (2013). Construction sector as a factor of prospective development of the national economy. *Studies on Russian Economic Development*, 24(3), 249–258. <https://doi.org/10.1134/S1075700713030052>
- Kermanshachi, S., Dao, B., Rouhanizadeh, B., Shane, J., & Anderson, S. (2020). Development of the Project Complexity Assessment and Management Framework for Heavy Industrial Projects. *International Journal of Construction Education and Research*, 16(1), 24–42. <https://doi.org/10.1080/15578771.2018.1499568>

- Kermanshachi, S., & Safapour, E. (2018). Identification and quantification of project complexity from perspective of primary stakeholders in us construction projects. *Journal of Civil Engineering and Management*, 25(4), 380–398. <https://doi.org/10.3846/jcem.2019.8633>
- Kwak, Y.-H., Liu, M., Patanakul, P., & Zwikael, O. (2014). *Challenges and best practices of managing government projects and programs*. Pennsylvania: Project Management Institute.
- Lubell, M., Mewhirter, J. M., Berardo, R., & Scholz, J. T. (2017). Transaction Costs and the Perceived Effectiveness of Complex Institutional Systems. *Public Administration Review*, 77(5), 668–680. <https://doi.org/10.1111/puar.12622>
- Luo, L., He, Q., Xie, J., Yang, D., & Wu, G. (2016). Investigating the Relationship between Project Complexity and Success in Complex Construction Projects. *Journal of Management in Engineering*, 33(2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000471](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000471)
- Marina, Y., & Arévalo, B. (2015). Sistema General de Regalías: nuevos recursos para la ciencia, tecnología e innovación en Colombia. *Revista CEA*, 1(1), 75–91.
- Molepo, P. M., Marnewick, A., & Joseph, N. (2019). Complexity factors affecting research and development projects duration. *2019 IEEE Technology and Engineering Management Conference, TEMSCON 2019*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/TEMSCON.2019.8813667>
- Parra Sierra, J. del P., & Romero Muñoz, J. E. (2017). *Transición de la reforma al régimen de regalías en Colombia: su impacto en las finanzas públicas de municipios carboníferos del departamento de Boyacá*. Tunja, Boyacá: UPTC.
- Patanakul, P., Kwak, Y. H., Zwikael, O., & Liu, M. (2016). What impacts the performance of large-scale government projects? *International Journal of Project Management*, 34(3), 452–466. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.12.001>

- Peñaloza, G. A., Saurin, T. A., & Formoso, C. T. (2020). Monitoring complexity and resilience in construction projects: The contribution of safety performance measurement systems. *Applied Ergonomics*, 82(October 2019). <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.102978>
- Project Management Institute (PMI). (2013). *PMI's Pulse of Profession In-Depth Report: Navigating Complexity*. Retrieved from <http://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/navigating-complexity.pdf>
- Remington, K., & Pollack, J. (2010). *Tools for Complex Projects*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Restrepo, D. B. (2017). Implementación en la asignación de proyectos con las regalías en Colombia: Una aproximación teórica. *Desarrollo y Sociedad*, 2017(78), 233–270. <https://doi.org/10.13043/DYS.78.6>
- Ríos-Ocampo, J., & Olaya, Y. (2017). Sustainability of the domestic consumption of construction materials in Colombia, 1990-2013. *Lecturas de Economía*, (86), 127–151. <https://doi.org/10.17533/udea.le.n86a05>
- Schuh, G., Rebentisch, E., Riesener, M., Mattern, C., & Fey, P. (2017). Method for the Evaluation and Adaptation of New Product Development Project Complexity. *Procedia CIRP*, 60, 338–343. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.029>
- Smith, S. R. (2008). The Increased Complexity of Public Services: Curricular Implications for Schools of Public Affairs. *Journal of Public Affairs Education*, 14(2), 115–128. <https://doi.org/10.1080/15236803.2008.12001515>
- Smyrk, J., & Zwikael, O. (2012). Project Management for the Creation of Organisational Value. *Project Management Journal*, (1–1), 28–42. <https://doi.org/10.1002/pmj>
- The International Centre for Complex Project Management (ICCPM). (2012). *Complex Project Manager Competency Standards*.

International Centre for Complex Project Management (ICCPM), 1(August), 100.

Trinh, M. T., & Feng, Y. (2020). Impact of Project Complexity on Construction Safety Performance: Moderating Role of Resilient Safety Culture. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001758](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001758).

Trojbicz, B. (2019). Federalism and Governability in Brazil: Oil Royalties in Dispute. *Bulletin of Latin American Research*, 38(5), 607–623. <https://doi.org/10.1111/blar.12916>

Uribe, J. D. (2014). La industria manufacturera en colombia. *Revista Banco de la República*, 1042, 5–12.

Velásquez, A., & Sepúlveda, T. L. (2015). Fundamentos de la prospectiva “la disciplina del cambio”. *Semestre Económico*, 3(6), 153–160.

Wing Tak, L. (2007). *Classification of Building Project Complexity and Evaluation of Supervisory Staffing Patterns Using Cluster and Factor Analysis*. University of Hong Kong.

Wood, H. L., & Gidado, K. (2008). An overview of complexity theory and its application to the construction industry. *Association of Researchers in Construction Management, ARCOM 2008 - Proceedings of the 24th Annual Conference*, 2(January), 677–686.

World Bank Group. (2019). *Global Economic Prospects, June 2019: Heightened Tensions, Subdued Investment*. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1398-6>

Xia, bo, & Chan, A. P. c. (2012). Measuring complexity for building projects: A Delphi study. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19(1), 7–24. <https://doi.org/10.1108/09699981211192544>

Zuleta, L. A. (2018). La crisis financiera del 2008. *Portafolio*, (Septiembre 25), 1–2.

EVALUACIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS EN LOS PROYECTOS COMPLEJOS, Y SU RELACIÓN CON LA MADUREZ ORGANIZACIONAL

Beltrán Galvis, Nelson¹

*¹Facultad de Ingeniería, Universidad Francisco de Paula Santander.
nelsonbeltran@ufps.edu.co.*

1. INTRODUCCIÓN

El éxito en los proyectos de desarrollo de software se asocia a: factores de los equipos de trabajo, uso de estándares para el desarrollo ágil y el mejoramiento de procesos mediante la incorporación de etapas de iniciación, evaluación, control de cambios, así como de validación e implementación por parte de las organizaciones. Lo anterior en conjunto con las demás áreas de gestión, en colaboración con stakeholders, estructuras organizacionales y uso de herramientas transversales en el desarrollo de proyectos, genera mejoras mediante la reducción en tiempos de entrega, e incrementa la capacidad de productividad, flexibilidad y alienación estratégica de proyectos con las organizaciones (Akbar et al., 2019; Cohen et al., 2005; Meredith et al., 2017; Tam et al., 2020). Por lo tanto, tales dinámicas se expresan en la creciente demanda de software, en conjunto con los nuevos paradigmas en su perfeccionamiento, por ello exigen la adaptación en el desarrollo, operación y mantenimiento en las organizaciones, en conjunto con las problemáticas de calidad,

incumplimiento de plazos, costos y baja productividad. Ello se debe a las falencias presentadas durante el seguimiento y el control de las actividades, a pesar del uso de técnicas avanzadas de planificación, y herramientas de seguimiento y control en los proyectos, derivadas por la limitada capacidad de los humanos para estimar, planificar y/o anticipar los impactos de las incertidumbres. Lo cual surge como consecuencia de los acontecimientos y condiciones imprevistas, y se traduce en cambios en la duración de las actividades afectadas, lo que afecta el desarrollo de los proyectos como se tenía previsto en un inicio. A ello puede sumársele el competitivo entorno genera la obligación de responder, con mayor sofisticación, a las diversas demandas de sus clientes, lo que requiere de control y supervisión efectiva del progreso del proyecto, mediante la identificación y medición de las diferencias entre el plan y el rendimiento real del trabajo (Cristóbal, 2017; Dimitrov, 2020; Rebolj et al., 2008).

Por otro lado, los sistemas tradicionales de control son lentos, inexactos, costosos y no controlan las acciones que impliquen correcciones en un tiempo tardío, donde, a mayor tiempo de demora en el reconocimiento de los problemas, mayor es el daño potencial relacionado con sobrecostos y variación en el cronograma estimado (Azimi et al., 2011; Rebolj et al., 2008). No obstante, los estándares y metodologías para el desarrollo de software son poco utilizadas, y existe una aversión al cambio por parte de los integrantes de una organización debido a los nuevos procedimientos y cambios organizacionales requeridos para la adquisición y uso de las herramientas. La incorporación de estándares de gestión y software para el registro, y caracterización de los sistemas de monitoreo y control, proporciona un seguimiento constante del rendimiento, en tiempo real en cualquier lugar y momento. Ello permite monitorear, medir y controlar, lo que revela patrones operativos, puntos susceptibles para mejorar u optimizar operaciones, esto guía hacia la reducción de costos y mayor productividad. Por consiguiente, el seguimiento y control de las actividades correspondientes a proyectos es siempre indispensable, pues produce una visión general, y actualizada, del avance en términos de finalización de actividades, consumo de recursos, retrasos, mejora y/o corrección de las estimaciones iniciales adoptadas en las fases preliminares. Sumada la alta competencia, se lleva a las empresas a buscar la excelencia en el cumplimiento de sus tareas, en conjunto con la formulación de Modelos de Madurez de Capacidades

(MMC), la descripción de técnicas y características para el diagnóstico, y el fortalecimiento de la competitividad mediante la optimización de procesos y capacidad en distintos niveles de madurez. Ello vincula aspectos estratégicos (indicadores de desempeño) y tecnológicos (software) en la formulación de planes para el mejoramiento en la prestación de servicios, así como la calidad, optimización de recursos, gestión del conocimiento relacionados con la ejecución física de actividades y la administración de capacidades operativas en la formulación de objetivos, y medición del desempeño, en las organizaciones inmersas en el desarrollo de proyectos de software (Armando & Santos, 2018; Curtis et al., 2016; Delgado & Solano, 2017; Mayorga & Pinzón, 2008; Mejía Cañas, 2013; The International Centre for Complex Project Management (ICCPM), 2012). Lo cual, también puede observarse en lo que respecta a las funciones de coordinación, seguimiento y control (Cristóbal, 2017; Hazir, 2015).

Por lo tanto, las gestiones realizadas para la supervisión y control en proyectos de software, deben cubrir toda la gama de procedimientos, métodos y controles establecidos por una organización, con el fin de aumentar la probabilidad de alcanzar sus objetivos. Asimismo, resulta importante ayudar a garantizar la fiabilidad de la información financiera y el cumplimiento de las leyes y reglamentos por parte de la empresa (Hunziker, 2017). Consecuentemente, en búsqueda del éxito en proyectos, es esencial identificar los factores que impactan en el seguimiento y control de los mismos, para así aportar información fiable que recopile y permita estimar las variables básicas de un proyecto, como lo es el porcentaje completado, la calidad del trabajo y el costo. La comparación de los datos con los valores planificados indica si el proyecto cumple los objetivos del plan de trabajo, a través de la implementación de un estándar (Azimi et al., 2011). Asimismo, tales herramientas añaden un valor significativo a muchos productos y servicios, lo que permite la diferenciación competitiva de introducción en el mercado, dado que han dado paso a reducir las barreras espaciales, temporales y estructurales en una organización. Aquel aspecto contribuye a que se pueda disfrutar de ventajas como la reducción de costos, acceso a grupos globales de expertos, asesoramiento en tiempo real, formulación de equipos virtuales globales y un desarrollo más cercano al mercado en las 24 horas del día (Dimitrov, 2020; Münch et al., 2013; Wiredu, 2019). Asimismo, permite que se integren con mayor profundidad en las interacciones del

entorno físico y social, en proceso de evaluación del cumplimiento de los objetivos y el porcentaje de desempeño. (Li et al., 2019; Toschi et al., 2017). En consecuencia, se refuerza la formulación y evaluación de proyectos por el creciente entorno competitivo, lo que lleva a las empresas a buscar la excelencia en el cumplimiento de sus tareas y la gestión, lo que prioriza la importancia del uso de herramientas en funciones de coordinación, seguimiento y control (Hazir, 2015). Por lo tanto, el análisis de la complejidad se asocia a las dificultades en la administración del comportamiento humano y del sistema, así como la ambigüedad en la formulación y ejecución de proyectos, la vinculación de riesgos e incertidumbres que impactan las restricciones asociadas con el alcance, y el tiempo y costo de los proyectos en cada una de sus etapas (Hagan et al., 2011). Dichas dinámicas se expresan en la creciente importancia del software, así como los nuevos paradigmas del desarrollo, imponen retos y demandas en el desarrollo, la operación y el mantenimiento (Dimitrov, 2020). Dada la necesidad de establecer mecanismos sistemáticos de coordinación, y cooperación, para crear con éxito y valor, para los Stakeholders, y cumplir con los objetivos de la organización bajo determinadas limitaciones presupuestarias o temporales (Clarke et al., 2016; Curtis et al., 2016; PMI, 2014, 2017).

Por consiguiente, la presente investigación tiene como objetivo general la identificación y caracterización de métodos y mecanismos que permitan el registro y sistematización de proyectos complejos, en conjunto con la identificación de factores que inciden en los procesos organizacionales y su efecto en la madurez organizacional. Por lo anterior, se desglosan los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el impacto de herramientas informáticas en la optimización de esfuerzos y el análisis de interacción de elementos de los sistemas que conforman las organizaciones.
- Relacionar los factores que integran los Modelos de Madurez de Capacidades (MMC), en concordancia con aspectos que

influyen e impactan en el cumplimiento de los objetivos de la organización.

- Formular instrumentos que permitan establecer el impacto en la implementación de herramientas, y modelos (MMC), en organizaciones inmersas en el desarrollo de proyectos complejos.
- Establecer un marco de referencia para la incorporación de procesos concordantes con los estándares de gerencia de proyectos complejos, gestión y mitigación de riesgos, en el desarrollo de software de ingeniería de sistemas.
- Diagnosticar el impacto de herramientas informáticas, y los MMC de organizaciones, en la gestión de proyectos complejos.

Para tal fin, se recopiló una base teórica robusta de repositorios bibliográficos internacionales, como Scopus® y WoS y SJR, con el fin de cimentar una compilación de fuentes bibliográficas de alto impacto, para así establecer los factores preponderantes al implementar MMC en proyectos complejos, sus características en organizaciones que logran consolidarse mediante la gerencia de este tipo de proyectos. También, evaluando su competencia en bases de datos empresariales, en conjunto con su descripción estadística, para identificar su pertinencia y potencial aplicabilidad en proyectos complejos.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Implementación de herramientas informáticas en proyectos complejos

El impulso económico generado por el desarrollo tecnológico, y la mejora de infraestructura de transporte y telecomunicaciones, ha constituido patrones de comportamiento en el consumo de bienes y servicios, representados en la demanda de productos más complejos y con amplias restricciones en alcance, tiempo y costo. Por lo tanto, los fenómenos de globalización establecen desafíos relacionados con la coordinación de procesos y el mejoramiento en el desarrollo de software, a través de la incorporación de equipos de trabajo integrales, a la vez que se eliminan límites geográficos, temporales y culturales (Enríquez et al., 2018; Haq et al., 2019). Asimismo, las organizaciones se encuentran inmersas en procesos relacionados con el fortalecimiento de beneficios

económicos, de calidad y apertura de nuevos mercados, a través de la creación de valor para las partes interesadas (Haq et al., 2019). En consecuencia, incorporar estándares y cuerpos de conocimiento para la gestión de proyectos en prácticas de gerencia, administración del conocimiento y reducción de riesgos, asociados a la formulación y ejecución de proyectos de desarrollo de software, permite integrar competencias y priorizar en el desarrollo de software, como se observa en la Figura 1.

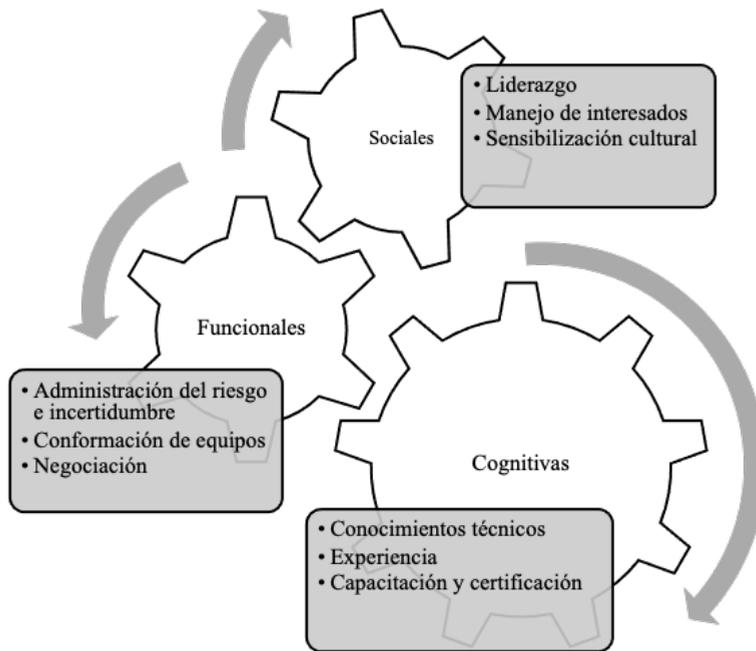


Fig. 1: Competencias alrededor de la gerencia de proyectos de software.

Fuente: Adaptado de Cha & Maytorena-Sánchez (2019).

De otra parte, la incorporación de procesos sistemáticos para la identificación de requisitos de calidad, y fortalecimiento de la satisfacción del cliente, aborda enfoques y metodologías para la administración y creación de valor en las organizaciones. Por lo tanto, conocer los principales estándares y herramientas tecnológicas juega un papel fundamental en el desempeño y madurez de las organizaciones. Asimismo, el ciclo de vida de proyectos de software representa un proceso iterativo, con temporalidad y fases determinadas, para la sistematización

de procesos relacionados con la trazabilidad en la ejecución de actividades relacionadas con el gobierno, operaciones, desarrollo y mantenimiento de software. Igualmente, también integra las necesidades cambiantes de los clientes como requisitos incorporados durante el ciclo de vida del proyecto (Borrego et al., 2019; Tüzün et al., 2019). Por lo tanto, las organizaciones dedicadas al desarrollo de software asignan esfuerzos en la creación de procesos automatizados, para disminuir la tasa de errores en comparación con la manipulación del proceso manualmente, además de definir el progreso del proyecto y la visibilidad de los componentes de desarrollo, mediante la incorporación de herramientas informáticas (Khan et al., 2019; Tüzün et al., 2019).

El desarrollo enfocado en sistemas para la optimización de procesos en una organización, es considerada una actividad compleja, intensiva y dinámica que requiere una estrecha cooperación y coordinación entre los diversos interesados, incluidos los usuarios, la organización y los desarrolladores. En consecuencia, el desarrollo y la aplicación de herramientas informáticas en proyectos complejos, genera procesos largos y costosos, ligados a grandes exposiciones al riesgo en relación con características de los proyectos modernos, que emplean tecnologías de información donde la disponibilidad de cambios que pueden aplicarse es escasa y no generan el impacto deseado en las condiciones del proyecto, sus objetivos y evaluación cuantitativa. Por lo anterior, se requiere una metodología adecuada para la elaboración de modelos como requisito previo para la buena gestión del plazo, los costos y los riesgos de los proyectos, en conjunto con una buena implementación de tecnologías de la información con mayor capacidad de gestión y la previsibilidad del proyecto (Chaikovska, 2017). No obstante, las inversiones buscan un mejor sustento en proyecciones cimentadas y orientadas a proyectos, lo que involucra miles de millones de dólares (Choudhury & Sabherwal, 2003; Williams, 2017). Por consiguiente, numerosos tipos de herramientas son usadas en diferentes ámbitos dentro de los proyectos en cada fase, como la gestión de cronograma en paralelo con la información del proyecto alrededor del presupuesto, gastos, etc. Ello permite colaborar con los miembros del equipo de trabajo en la ejecución, o evaluación, del proyecto en su formulación, desarrollo y evaluación, este último sustentado en la preparación de informes diferenciados por tipo de Stakeholders (Desmond, 2017).

La construcción de nuevos bienes de capital, la realización de empresas únicas de gran escala, el desarrollo de nuevos productos tecnológicos requieren la realización de grandes proyectos, donde los beneficios de un buen enfoque de la gestión de proyectos pueden visualizarse de muchas maneras: entre ellas figuran la motivación, satisfacción y el dar sentido a la labor de las personas y los equipos (Williams, 2017). Sin embargo, la reputación en la gestión de proyectos es negativa entre la mayoría, ya que los proyectos se retrasan, gastan excesivos recursos y, a menudo, no tienen éxito desde el punto de vista técnico. Ello se intensifica cuando se trata de proyectos de gran complejidad, donde las herramientas informáticas son escasas, pese al desarrollo de muchas metodologías estándar para el proceso de implementación de programas informáticos como: ISO9001, ISO12207, ISO15504, CMM (Modelo de Madurez de Capacidades), MSF (Marco de Solución de Microsoft), RUP (Proceso Unificado Racional), SCRUM, XP (Programación extrema) (Beck K., 1999), Crystal Clear, ASD (Desarrollo de Software Adaptativo), Lean Development (Schwalbe, 2016). No obstante, todos los intentos de formalización han fracasado en consecuencia de la singularidad de los proyectos complejos, en conjunto con el desarrollo de software que permita la identificación, recolección y análisis de las variables en los proyectos, lo que expone las dificultades relacionadas con la elección de los métodos, prácticas y reglas de la reducción de los riesgos del proyecto y la optimización de los procesos en la organización (Chaikovska, 2017).

En consecuencia, el éxito en los proyectos de desarrollo de software llega con gran dificultad. Uno de los mayores desafíos es el entendimiento alrededor de los puntos de mejoramiento del desarrollo de software, para evitar su fracaso en los proyectos complejos (Akbar et al., 2019; Cohen et al., 2005; Meredith et al., 2017; Tam et al., 2020), y la dificultad de los factores externos, internos y subjetivos. Aun así, según Henriksen & Pedersen (2017), la publicación del manifiesto ágil aumentó los índices de éxito de los proyectos, aunque todavía es necesario mejorar y suavizar su uso organizativo. Por lo tanto, las prácticas ágiles ganan espacio en el mundo de los negocios a un ritmo cada vez mayor, lo que permite a las empresas de alta tecnología, y a los equipos de desarrollo de software de Tecnología de la Información (TI), lograr resultados más rápidos de una manera más sabia (Henriksen & Pedersen, 2017; Persson et al., 2012). Como afirman Persson, Mathiassen y Aaen (2012). Teniendo en cuenta que las metodologías ágiles son capaces de proporcionar innovación y

competitividad, se alienta a seguir investigando para encontrar nuevas formas de reducir las tasas de fracaso (Edivandro Carlos Conforto et al., 2016). Asimismo, se ha contribuido a mitigar el fracaso de los proyectos de desarrollo de software ágil, al revelar diferentes factores de éxito en donde “La gente”, es considerada una de las dimensiones con mayor preponderancia, y representa un aspecto fundamental del movimiento ágil que requiere individuos motivados y flexibles en un entorno de apoyo. En cuanto a las razones por las que los proyectos de software fracasaban, se estableció que cuestiones técnicas rara vez eran la causa, y que los problemas pueden surgir de las personas, lo que puede contrarrestarse con una gestión adecuada (Ahimbisibwe et al., 2015; Chow & Cao, 2008; Henriksen & Pedersen, 2017).

2.2 Los Modelos de Madurez de Capacidades (MMC) en proyectos complejos

El Modelo de Madurez de Capacidades (CMM) es un modelo de mejora de procesos de ingeniería de software. El concepto se relaciona intensamente con los modelos de madurez en relación a la capacidad de los procesos aplicados a muchos aspectos del desarrollo de organizaciones, recursos humanos, personas, proyectos y productos, con función como medio de evaluación y parte de un marco de mejora continua (Colombi, John M.; Miller, Michael E.; Schneider, Michael; McGrogan, Jason; Long, David S.; Plaga, 2012). Sin embargo, las aplicaciones a una clase especial de proyectos, denominados complejos en relación con los Sistemas de Productos Complejos (CoPS), es escasa. En consecuencia, existe la necesidad de un modelo desarrollado, específicamente, para su acoplamiento a los proyectos, especialmente en el tratamiento de los riesgos inherentes a la complejidad de las tareas y de las relaciones humanas, vinculadas juntamente con los CoPS. De igual manera, existe una variedad de derivados por los que se han aplicado adaptaciones del CMM a dominios y diversas disciplinas -por ejemplo, gestión de proyectos, recursos humanos, etc.- (Adrian Doss et al., 2017).

Los proyectos de CoPS, se caracterizan por la tarea inherente y compleja de las relaciones humanas con el riesgo, con naturaleza predecible y emergente. Allí se plantea un vínculo íntimo entre la madurez de la capacidad de gestión de proyectos y el éxito de los mismos; tales riesgos se miden por su efecto potencial en el logro de los objetivos del

proyecto. Las organizaciones que desean aplicar un enfoque en torno a CMM, o mejorar su enfoque actual, necesitan un mejor marco operacional para apreciar la naturaleza de los eventos inherentes a proyectos complejos y la madurez de la capacidad requerida, lo que facilita la comparación de sus prácticas actuales mediante el aprendizaje y mejoramiento continuo. En los proyectos de la CoPS, los eventos adversos a menudo surgen como “sorpresas”, donde los productos complejos y los sistemas integrados tienden a exhibir propiedades no lineales y emergentes durante la producción o aplicación. Ello se debe a que a menudo se producen acontecimientos e interacciones imprevistas durante las fases de diseño, ingeniería de sistemas e integración organizacional, lo que puede tener importantes consecuencias para la gestión de sistemas de proyectos complejos. Los enfoques basados en la lógica causal y lineal, de las ciencias mecánicas y la ingeniería, se vuelven contraproducentes cuando las mismas organizaciones despliegan el carácter altamente reflexivo, dependiente del contexto, y dinámico de los sistemas en los que los actores humanos aprenden, reaccionan y se adaptan a la aparición de nuevos patrones, ayudados por metodologías adaptativas a la volubilidad implícita en los proyectos (Colombi, John M.; Miller, Michael E.; Schneider, Michael; McGrogan, Jason; Long, David S.; Plaga, 2012).

2.3 La gestión de herramientas ágiles en proyectos complejos

La gestión ágil de proyectos (APM) es un enfoque en creciente expansión en el mercado de las empresas de alta tecnología y en proyectos de desarrollo de software informático (Lee & Yong, 2010; Persson et al., 2012). El enfoque ha evolucionado desde la creación del Manifiesto Ágil para el Desarrollo de Software, en 2001, por un grupo de profesionales que propusieron muchos de los métodos, prácticas y herramientas “ágiles” o ligeras, actualmente usadas (Edivandro Carlos Conforto et al., 2016). Dicho aspecto demostró que el enfoque APM ha recibido gran atención mediante el análisis en salas de juntas, como una forma competitiva de mejorar la capacidad de innovación. Lo que surge a partir del constante, y acelerado, cambio de las necesidades empresariales, lo que se relaciona, principalmente, con la flexibilidad de los procesos de desarrollo. Ello permite una mayor adaptabilidad, para así ocupar un espacio prioritario en el programa de investigadores como profesionales. El énfasis en el “método justo” es un ejemplo de la solución al problema en cuestión.

Sin embargo, es un hecho bien conocido que no existe un método único para el desarrollo de software y sistemas de información, lo que demuestra cómo todos los proyectos complejos son únicos y requieren un apoyo flexible para una adaptación ajustada. Por consiguiente, existe una amplia gama de enfoques y entornos informatizados para la adaptación de métodos, estos integran la selección y construcción de herramientas específicas para proyectos, apoyados en entornos computarizados, en diferentes grados de complejidad. Aunque los métodos ágiles parecen ser adecuados para abordar la flexibilidad en el proceso de desarrollo, todavía no se comprende bien cómo adaptar mejor esos métodos a situaciones de desarrollo, y no hay muchos estudios sobre la adaptación de metodologías ágiles en proyectos complejos (Edivandro C. Conforto et al., 2014; Edivandro Carlos Conforto et al., 2016). Por tanto, resulta necesario el estudio y aplicación de métodos ágiles en proyectos complejos, dado que son usados para el desarrollo de software. No obstante, se ha generado un debate centrado en su aplicación más allá del ámbito de la informática (Edivandro C. Conforto et al., 2014) integrado con metodologías para medir el rendimiento e impacto de las prácticas de APM. Dicho enfoque considera métodos, herramientas y técnicas para mejorar el rendimiento del proyecto, mediante la promoción de “agilidad” como primer paso para poder verificar y validar modelos teóricos con resultados prácticos (Edivandro Carlos Conforto et al., 2016).

3. MARCO METODOLÓGICO

De acuerdo con IEEE Computer Society (2014), la necesidad de reducir la complejidad se aplica, esencialmente, a todos los aspectos de la construcción de software, y es particularmente crítica para el desarrollo del mismo. Por lo tanto, la reducción de la complejidad se logra haciendo hincapié en la creación de código simple y legible, en lugar de inteligente, lo cual se logra con el uso de estándares, diseño modular y otras numerosas técnicas relacionadas a la integración de criterios de calidad en los procesos de desarrollo, identificación de estándares y herramientas que fortalecen la identificación de requisitos mínimos a cumplir por las organizaciones, y representan elementos preponderantes en la resolución de conflictos derivados de los proyectos complejos (Dao, Kermanshachi, Shane, & Anderson, 2016; IEEE Computer Society, 2014). En consecuencia, el impulso económico por el desarrollo tecnológico e infraestructura de

telecomunicaciones, ha constituido patrones de comportamiento en el consumo de bienes y servicios, representados en la demanda de productos más complejos y con amplias restricciones en alcance, tiempo y costo. Los que se relacionan con la coordinación de procesos y el mejoramiento en el desarrollo de software a través de la incorporación de equipos de trabajo integrales, mientras se eliminan límites geográficos, temporales y culturales (Enríquez et al., 2018; Haq et al., 2019). Por tanto, la presente investigación se fundamenta en la consecución de información empresarial relevante que permita evaluar, integralmente, el desempeño de herramientas informáticas en las organizaciones que proveen este tipo de servicios. Así como su percepción en la optimización de esfuerzos e interacción de elementos, y su efecto en la capacidad de las organizaciones para establecer procesos aplicados como medio de evaluación y parte de un marco de mejora continua. Dicha información se expone de forma resumida en la Figura 2.

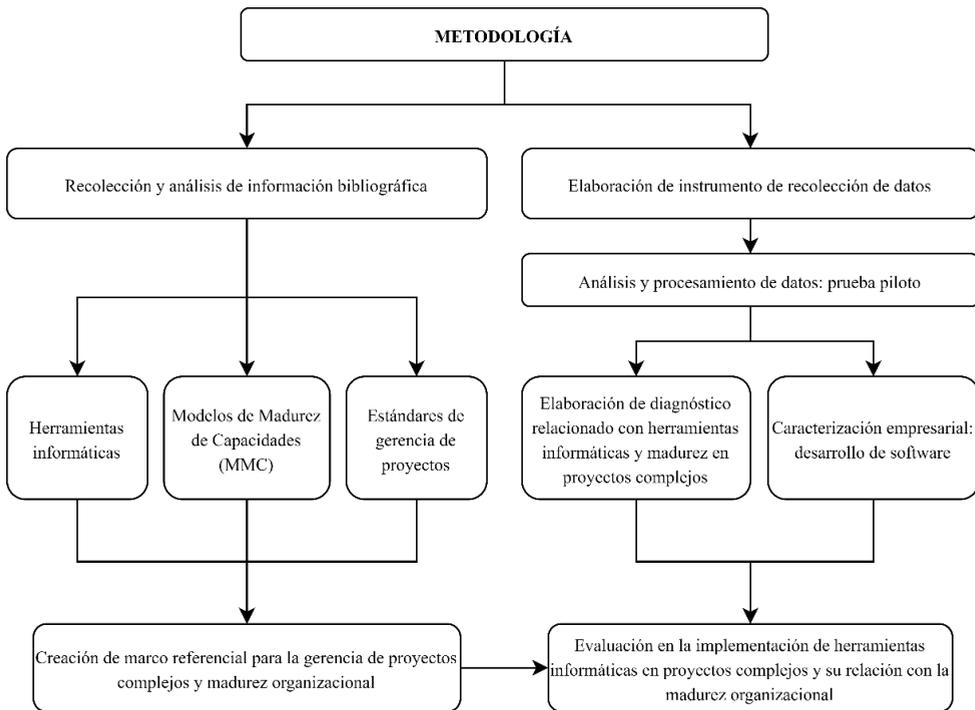


Fig. 2: Resumen metodológico para la relación entre modelos de madurez y herramientas informáticas en las organizaciones.

Fuente: elaboración propia.

A continuación se desglosa la metodología utilizada en la presente investigación:

3.1 Selección de variables que afectan la madurez organizacional

Ello con el objetivo de constituir una búsqueda sistemática que intente identificar, y acotar, la pesquisa de investigaciones relacionadas con el uso de herramientas informáticas en organizaciones, y su impacto en el desarrollo de proyectos complejos mediante la búsqueda por título, resumen y palabras claves como: complejo, proyecto, herramientas ágiles y modelos de madurez y capacidades. Asimismo, se han considerado palabras clave más reputadas de estudios anteriores adscritas a las cuatro bibliotecas digitales con mayor capacidad en la web, y un amplio servicio de indexación como IEEE Computer Society Digital Library, ACM, Citeseer, Springer, Web of Science y SCOPUS, en los últimos 10 años (2010-2020). Posteriormente, se usó, como principal “cadena de búsqueda”, la combinación de palabras claves mediante funciones booleanas como OR y AND. Para obtener resultados válidos se utilizaron opciones de búsqueda automatizada y manual para cada base de datos bibliográfica (Kitchenham et al., 2010). De igual forma, se realizó una investigación preliminar para asegurar la identificación de diferentes perspectivas y aspectos del dominio de la investigación.

3.2 Análisis de las organizaciones en la implementación de herramientas informáticas en proyectos complejos y su relación con la madurez organizacional

Tal propósito se da con el fin de relacionar los factores que integran los MMC mediante la selección de una muestra aleatoria representativa, conformada por organizaciones que desempeñan actividades de información y comunicaciones conocidas por la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), identificadas con el Título J e inscritas en esta Cámara de Comercio, ubicadas en la ciudad de Cúcuta. Sin olvidar, de igual forma, su debida constitución y soporte en un gremio comercial como la cámara de comercio de Cúcuta. Ello pretende evidenciar el impacto de las herramientas informáticas en el desempeño empresarial, indistintamente de la función de la organización. Posteriormente, se realizará la aplicación de los instrumentos para la muestra representativa,

para lo cual se establecerá una confianza del 95% y error marginal del 5%.

3.3 Medición del impacto en la implementación de MMC en organizaciones

Para la formulación de un instrumento capaz de establecer el impacto en la implementación de herramientas y capacidades organizacionales, según los niveles establecidos en el MMC y en relación con organizaciones inmersas en el desarrollo de proyectos complejos, es necesario evaluar los factores predominantes en el análisis organizacional por el resultado obtenido en el análisis de investigaciones anteriores. Así como, la integración de características principales y procesos relacionados con proyectos complejos en organizaciones, a través de la creación de cuestionarios y entrevistas con preguntas estructuradas de manera que puedan identificarse las principales variables relacionadas con herramientas informáticas y madurez en proyectos complejos. Ello sin dejar atrás la caracterización organizacional con base en su tamaño, según lo establece la Ley 905 de 2004 (Ley 905 de 2004, Por medio de la cual se modifica la Ley 590 de 2000 sobre promoción del desarrollo de la micro, pequeña y mediana empresa Colombiana y se dictan otras disposiciones, 2004). Ello de acuerdo con el número de empleados (n) y activos (A) en el Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (SMMLV) y su validación conforme a la evaluación global del parque empresarial en Colombia realizada por Franco Ángel (2019). Asimismo, el instrumento integrará la indagación, y el uso de herramientas informáticas relacionadas al desempeño organizacional en cualquier nivel, con el fin de relacionar las capacidades empresariales y el uso de sistemas informáticos como herramientas útiles en la madurez organizacional. Para ello se hizo uso del modelo propuesto por el Organizational Project Management Maturity Model (OPM3), el Project Management Institute (2003) y el Modelo de Madurez de Administración de Proyectos (Kerzner, 2019); Dicho modelo basado en el CMM y en el PMBOK, se usa para soportar organizacionalmente el planeamiento estratégico en un período razonable de tiempo. Las guías metodológicas, en conjunto con los estándares para la clasificación de madurez, se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Guías para la evaluación de madurez en organizaciones.

Estándares de referencia	Clasificación de madurez
Capability Maturity Model (CMM)	Nivel optimizado
	Nivel básico
	Nivel de repetición
	Nivel definido
	Nivel optimizado
Modelo de Madurez de Administración de Proyectos de Kerzner	Lenguaje común
	Procesos comunes
	Metodología Única
	“Benchmarking”
	Mejoramiento continuo
Mejores prácticas SMCI (OPM3)	Procesos de estandarización
	Procesos de medición
	Procesos de control
	Procesos de mejora continua

Fuente: Varios autores.

4. RESULTADOS

La aplicación del instrumento en una muestra piloto, en cuatro (4) organizaciones, tuvo como finalidad realizar la caracterización empresarial, identificación de características preponderantes relacionadas con la madurez organizacional, conformación de equipos de trabajo y la complejidad de proyectos en organizaciones. Para lo cual se integraron aspectos relacionados con la creación y el ajuste de herramientas para la medición de la totalidad de aspectos propuestos para la caracterización y evaluación de las organizaciones (Na-nan et al., 2018). En consecuencia, el ajuste e incorporación de nuevos aspectos en los instrumentos permitirán la evaluación efectiva de la población de estudio, y su posterior análisis conforme al objeto de la presente investigación para realimentar los resultados con el fin de mejorar el instrumento implementado.

4.1 Análisis e implementación de herramientas tecnológicas

El desarrollo de proyectos complejos requiere la incorporación efectiva de requerimientos para realizar la gestión de los equipos de

trabajo. Dicho propósito es logable mediante la integración de herramientas informáticas, lo que garantiza la coordinación de equipos de trabajo con variaciones y distribuciones sociales, culturales, horarios y canales de comunicación distintos (Akbar et al., 2019; Shafiq et al., 2018). A razón de ello, la creación de estándares para la gerencia de proyectos, métodos e instrumentos de gestión de proyectos permitirá fortalecer la comunicación, habilidades, destrezas y confianza en los equipos de trabajo. En correlación con la complejidad de proyectos, donde la adopción de supuestos teóricos de proyectos tradicionales es cuestionable (Verga Matos et al., 2019). El uso de herramientas para la aplicación de conocimientos, aptitudes, herramientas y técnicas, para cumplir requisitos y objetivos de los proyectos, en concordancia con la creación de estrategias para el desarrollo de ventajas competitivas en las organizaciones (Monteiro et al., 2016), como puede observarse en la Figura 3, establece algunos de los factores de éxito en la caracterización de requisitos y gerencia de proyectos complejos.

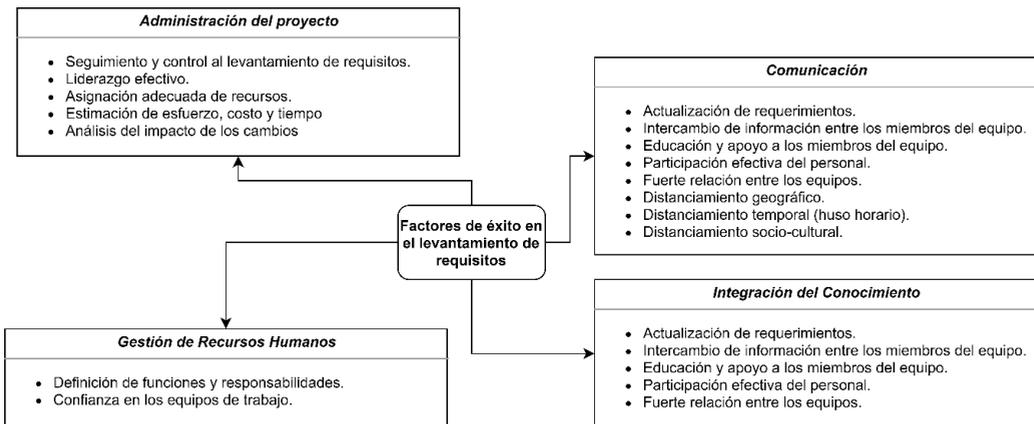


Fig. 3: Factores de éxito en el levantamiento de requisitos.

Fuente: Varios autores

Por lo tanto, la integración de herramientas, alineadas con las unidades estratégicas y gerenciales de las organizaciones, permite identificar requisitos asociados al incremento de la eficiencia de procesos y equipos de trabajo mediante la sistematización de actividades por el uso de herramientas informáticas. Consecuentemente, autores (Ahlemann et al., 2009; Verga Matos et al., 2019), establecen la importancia del uso de metodologías e instrumentos para la gestión de proyectos. Además

de resaltar la existencia de una “disparidad sustancial entre los conocimientos teóricos y la eficiencia práctica de la gestión de proyectos”. De igual manera, algunas organizaciones internacionales han desarrollado herramientas y estándares, o cuerpos de conocimiento, que abordan actividades derivadas de los procesos ejecutados por las organizaciones, lo que incrementa la eficiencia y efectividad en el uso y administración de recursos. Asimismo, en la Figura 4 se integran algunos de los principales estándares relacionados con la gestión de proyectos.

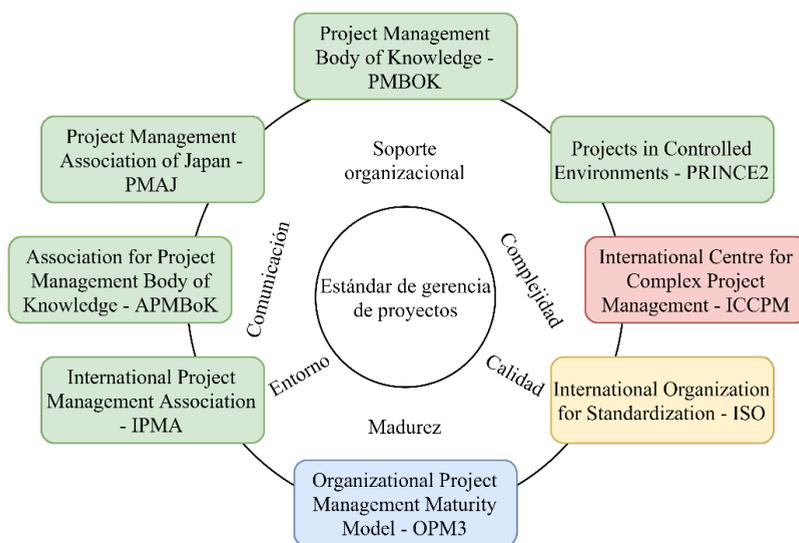


Fig. 4: Estándares y guías para la gerencia de proyectos.

Fuente: Varios autores.

Por otra parte, el éxito de los procesos organizacionales, en conjunto con la mitigación de impactos, se asocia al incremento en número y complejidad de los proyectos. Dicho aspecto establece retos alrededor de la administración de información, definición de actividades centralizadas en la coordinación de proyectos, sistematización de responsables y políticas relacionadas con el cumplimiento de objetivos de los interesados internos, y externos de las organizaciones. Ello mediante la implementación de herramientas de apoyo a la gestión de la información (Eroshkin et al., 2017; Monteiro et al., 2016; Shafiq et al., 2018). Por otra parte, analizar el contexto geográfico, sociocultural y temporal, resulta pertinente para establecer las características principales, asociadas al uso de herramientas informáticas, para la integración de procesos de

las organizaciones en la gerencia de proyectos. La Figura 5 muestra la relación entre las herramientas informáticas y el contexto de la gerencia de proyectos complejos.

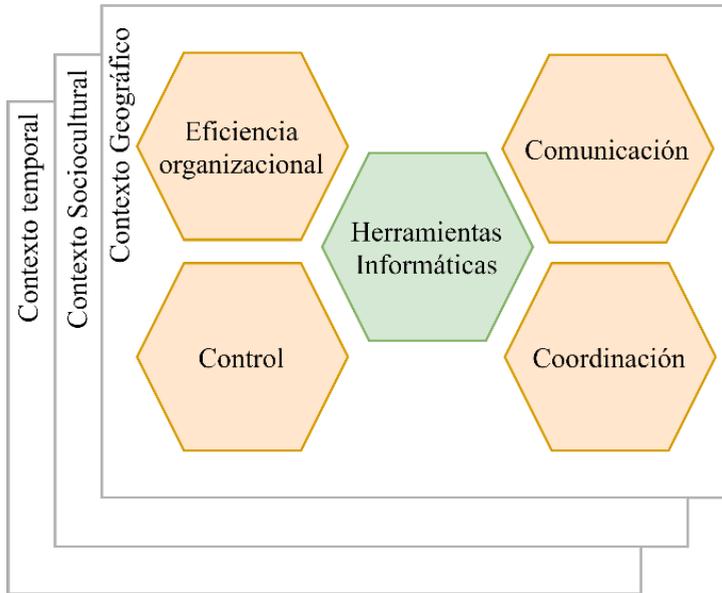


Fig. 5: Principales factores y procesos relacionados con el uso de herramientas informáticas en las organizaciones.

Fuente: Varios autores.

4.2. Madurez en la conformación de equipos de trabajo

De acuerdo con Kostalova & Tetreova (2018), la tasa de éxito en la ejecución de proyectos se relaciona con la madurez de la gestión de proyectos y el uso de métodos e instrumentos adecuados de gestión de proyectos. Por lo tanto, la identificación de las principales variables alrededor de la madurez organizacional obedece a requerimientos específicos entorno a la complejidad de proyectos y el desempeño de los equipos de trabajo, lo que determina características y habilidades para la gestión y desarrollo de proyectos. Sin olvidar la identificación del grado de madurez conforme a la evaluación del uso de procedimientos, apropiación de herramientas informáticas y demás disposiciones derivadas de la gestión de proyectos. En consecuencia, la Tabla 2., determina las principales variables relacionadas con madurez y conformación de equipos.

Tabla 2. Variables relacionadas con madurez en la conformación de equipos de trabajo.

Variable	Descripción
Comunicación Efectiva	Los miembros del equipo se sienten libres de expresar sus sentimientos. La comunicación se lleva a cabo fuera de las reuniones y es abierta, confiable y honesta.
Comportamiento de vigilancia y apoyo	Ayudar a los miembros del equipo a realizar sus tareas, puede ocurrir (1) proporcionar retroalimentación, (2) ayudar a un compañero de equipo a realizar acciones, o (3) asumir y completar una tarea para un compañero de equipo.
Adaptabilidad	Capacidad de ajustar las estrategias basadas en la información recogida del medio ambiente. Alterar el curso de acción o el repertorio del equipo en respuesta a las condiciones cambiantes.
Gestión de conflictos	El manejo efectivo de conflictos incluye la negociación, el acuerdo y la resolución de conflictos.
Toma de decisiones compartida	Toma de decisiones por consenso entre los miembros del equipo. Contribuye al proceso de decisión añadiendo recursos y diversidad individuales.
Confianza mutua	La confianza mutua se compone de honestidad, fiabilidad y apertura entre los miembros del equipo.
Conformidad	Ajuste del comportamiento para seguir las reglas del equipo.
Claridad de papel y objetivos (propósito)	Expectativas claras sobre los papeles de cada miembro del equipo. Se ha definido la visión, misión, meta o tarea del equipo. Hay un plan de acción.
Responsabilidad compartida	Responsabilidad compartida entre los miembros del equipo.

Fuente: Varios autores.

En contraste, la eficiencia organizacional, relacionada con la incorporación de herramientas tecnológicas, es un factor preponderante en la resolución de problemáticas y la reducción de barreras espaciales, temporales y estructurales de las mismas. Por lo tanto, evaluar el desempeño de los equipos de trabajo y la madurez, permitirá obtener ventajas como la reducción de costos, transferencia de conocimiento, integración, adaptabilidad y trazabilidad en la gestión de recursos y comunicaciones en las organizaciones, garantizando la ejecución de actividades mediante equipos de trabajo virtuales a nivel global, con alcances de disponibilidad cercanas a las 24 horas del día (Dimitrov, 2020; Münch et al., 2013; Wiredu, 2019).

4.2 Selección de muestra poblacional

La selección de la muestra fue realizada con base en la matrícula mercantil de todas las organizaciones legalmente constituidas en la Cámara de Comercio de Cúcuta, por eso se seleccionaron empresas relacionadas con actividades de información y comunicaciones conocidas por la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), con el Título J (Naciones Unidas, 2009), lo que arrojó a 159 empresas de las 1170 inscritas en esta Cámara de Comercio, es decir, el 8,98% del total. La discriminación por actividades específicas se expone en la Tabla 3.

Tabla 3. Sub actividades económicas de las empresas dedicadas a la información y comunicaciones en la Ciudad de Cúcuta.

Código CIIU	Actividad económica	Número de empresas	Participación (%)
J5820	Edición de programas de informática (software).	9	5.66
J6201	Actividades de desarrollo de sistemas informáticos (planificación, análisis, diseño, programación de pruebas).	63	39.62
J6202	Actividades de consultoría informática y actividades de administración de instalaciones informáticas.	25	15.72
J6209	Otras actividades de tecnologías de información y actividades de servicios informático.	18	11.32
J6311	Procesamiento de datos alojamiento (hosting) y actividades relacionadas.	21	13.21
J6312	Portales web.	23	14.47

Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior refleja una desagregación de actividades relacionadas con brindar apoyo mediante el suministro de herramientas informáticas en proyectos complejos. La Tabla 3, expone como aproximadamente el 40% de organizaciones suple estos procesos informáticos, seguido del 15,7 % de actividades empresariales dedicadas a brindar administración de instalaciones informáticas, en conjunto con el procesamiento de información, ocupando el 13,2 % del total de actividades económicas dedicadas al manejo de información y comunicaciones. Lo que denota que las organizaciones demandan servicios relacionados con sistemas

informáticos, administración y procesamiento de datos, en coherencia con el aumento de competitividad y desarrollo de las organizaciones para su introducción en el mercado (Dimitrov, 2020; Münch et al., 2013; Wiredu, 2019). En consecuencia, el crecimiento sube constantemente, conforme a lo expuesto en la Figura 6.

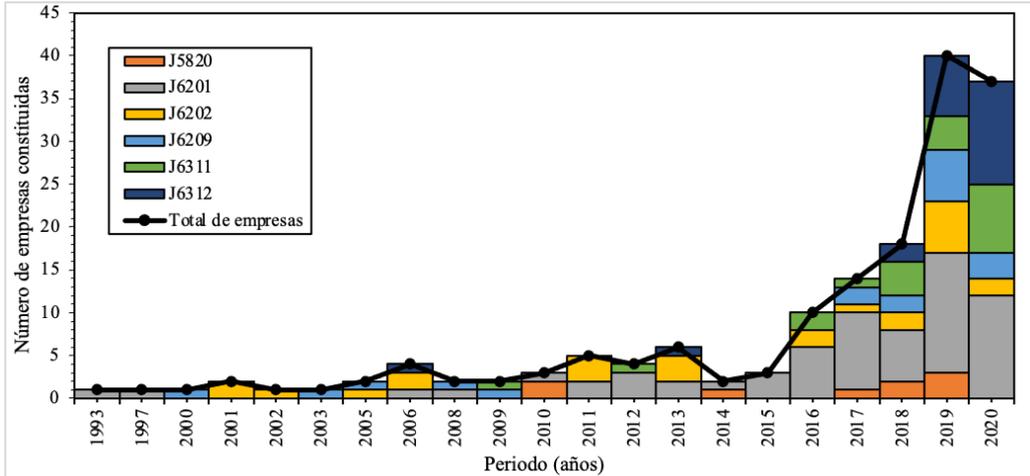


Fig. 6: Constitución de las Empresas dedicadas a actividades de información y comunicaciones en la ciudad de Cúcuta.

Fuente: Elaboración propia

Lo expuesto en la Figura 6 resulta coherente con el crecimiento en requerimientos tecnológicos, incluida la sistematización de procesos relacionados con la trazabilidad en la ejecución de actividades operacionales, el desarrollo y mantenimiento de software, y las necesidades cambiantes de los clientes, como de los requisitos incorporados en el tendiente enfoque de desarrollo web en recientes periodos de tiempo. Asimismo, la incorporación de herramientas informáticas ha crecido exponencialmente en función de las necesidades que las organizaciones requieren con mayor dedicación al desarrollo de software. Para lo cual se asignaron esfuerzos en la creación de procesos automatizados, con el objetivo de disminuir la tasa de errores en comparación con la manipulación del proceso manualmente, además de definir el progreso del proyecto y la visibilidad de los componentes de desarrollo mediante la incorporación de herramientas informáticas. Tal aspecto, ha constituido patrones de comportamiento en el consumo de bienes y servicios,

representados en la demanda de productos más complejos con un alcance mucho mayor. Por lo tanto, los fenómenos de globalización plantean desafíos relacionados con la coordinación de procesos y el mejoramiento en la necesidad de incluir herramientas informáticas en el desempeño organizacional logrado a través de la incorporación de equipos de trabajo integrales, a la vez que se eliminan límites geográficos, temporales y culturales (Enríquez et al., 2018; Haq et al., 2019). No obstante, al evaluar las capacidades empresariales del total de empresas, mediante su edad, clasificación empresarial y cantidad de activos totales, se encontró la Ley 905 de 2004, la cual enuncia: “*Por medio de la cual se modifica la Ley 590 de 2000 sobre promoción del desarrollo de la micro, pequeña y mediana empresa colombiana y se dictan otras disposiciones*”. Allí se dictamina el tamaño de la empresa según activos (A) en salarios mínimos mensuales legales vigentes (SMMLV). La caracterización se expone en Figura 7 y Figura 8.

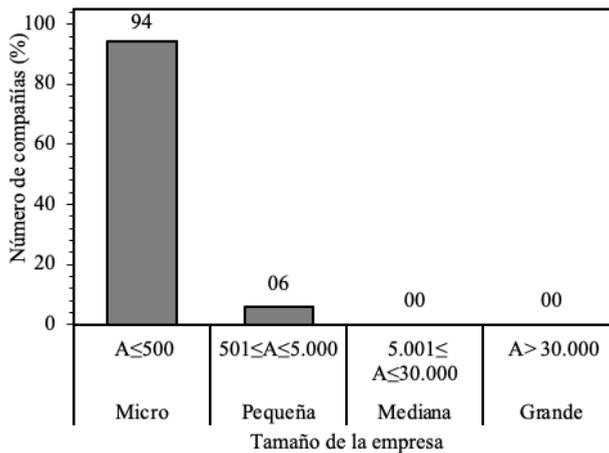


Fig. 7: Clasificación empresarial por tamaño según sus activos totales

Fuente: Elaboración propia

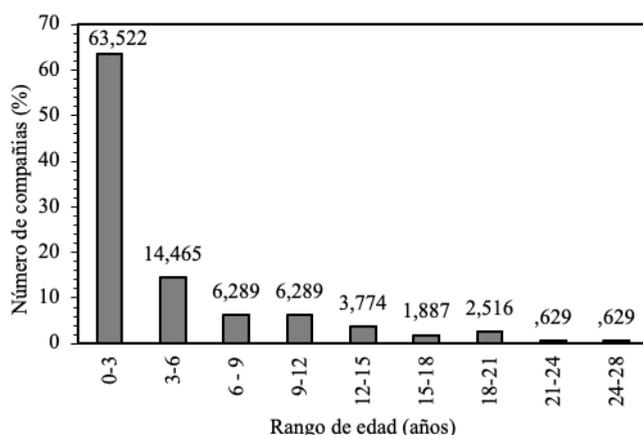


Fig. 8: Histograma de frecuencias según rango de edad.

Fuente: Elaboración propia

Lo anterior, expone empresas que integran las pequeñas y medianas empresas (Pymes) en su totalidad, lo que resulta coherente con el tejido empresarial colombiano constituido, en su mayoría, por este tipo de organizaciones, con el 99,5% del parque empresarial nacional (Franco Ángel, 2019). Estas resultan claves para el sustento de las economías modernas y su crecimiento a largo plazo. Esas empresas poseen una estructura plana, con menor burocracia, menos procedimientos y sistemas formales, lo que facilita la rápida toma de decisiones y su capacidad de respuesta al mercado (Usama et al., 2018) en coherencia con el tipo de actividad que desempeñan. Las cuales, en su mayoría, no requieren un equipamiento robusto o altas cuantías de inversión para su desempeño. Sin embargo, dichas empresas poseen debilidades intrínsecas a su tamaño y el restringido manejo de capital, lo que reduce su competitividad y limita su crecimiento, dificultando su acceso a fuentes de financiación, así como a nuevos y mayores recursos. Esto puede causar distancias en la consecución de una madurez empresarial sostenida (Franco Ángel, 2019). Los parámetros gerenciales en relación con el desempeño, las descripciones de técnicas y características para el diagnóstico y fortalecimiento de competitividad; mediante su efecto en la optimización de procesos y capacidad en distintos niveles de madurez. También se vinculan aspectos estratégicos (indicadores

de desempeño) y tecnológicos (software), en la formulación de planes para el mejoramiento en la prestación de servicios, calidad, optimización de recursos, gestión del conocimiento relacionados con la ejecución física de actividades y administración de capacidades operativas en la formulación de objetivos y medición del desempeño en las organizaciones, las cuales se encuentran inmersas en el desarrollo de proyectos de software previamente caracterizadas fue necesario seleccionar una muestra representativa, una confianza del 95% y un error marginal del 5%, dentro del rango de error de un 5%, previamente escogido como representativo, posteriormente se calculó el tamaño muestral según la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Con base en lo anterior, la cuantificación de la muestra representativa corresponde a 30 organizaciones seleccionadas aleatoriamente, evaluadas mediante el instrumento formulado para establecer el impacto en la implementación de herramientas, y modelos (MMC), en organizaciones inmersas en el desarrollo de proyectos complejos.

4.3 Habilidades comunicativas en la madurez empresarial

De conformidad a los resultados obtenidos en el instrumento, se determinó que la comunicación efectiva es considerada un factor extremadamente útil en la conformación de equipos, con un 66.6%, seguido de la vigilancia, apoyo, claridad de papel, objetivos y grado de integración entre los miembros del equipo de trabajo, con un 33.3%. En consecuencia, resulta importante disponer de canales y estrategias de comunicación orientadas a la realimentación de procesos organizacionales de manera eficaz e integrada a la totalidad de interesados internos y externos del proyecto, lo que evita situaciones ambiguas o de incertidumbre que puedan afectar el alcance y los requisitos de los proyectos (Senaratne & Ruwanpura, 2016). En la Figura 9, se establecen las habilidades y características relacionadas con la conformación de equipos.

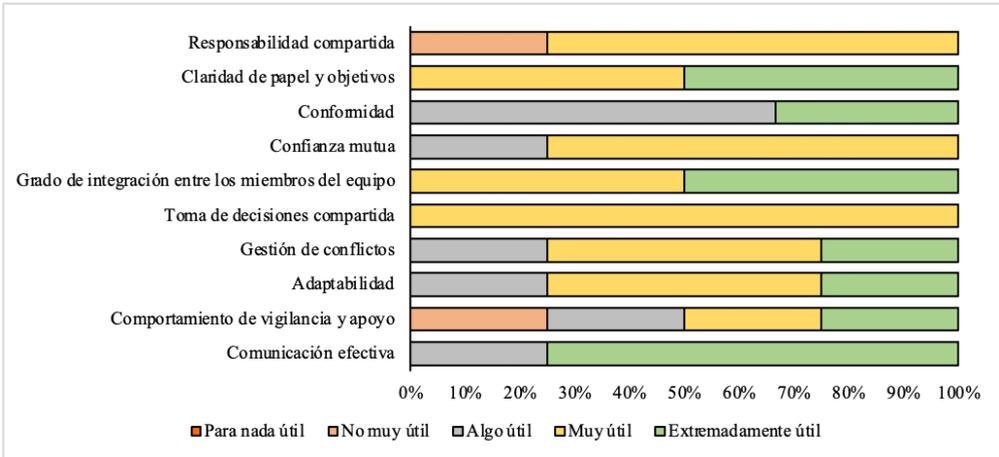


Fig. 9: Habilidades y características preponderantes en la conformación de equipos de trabajo.

Fuente: Elaboración propia

El modelo de madurez propuesto del Organizational Project Management Maturity Model – OPM3, plantea alcances relacionados con la identificación y desarrollo de herramientas que aseguren la capacidad de los proyectos, programas y carteras, lo que facilita el cumplimiento de los objetivos organizacionales (Project Management Institute (PMI), 2013). Lo mismo puede evidenciarse en la identificación de factores ambientales internos y externos de la organización, en conjunto con el desarrollo y aseguramiento de la capacidad organizacional para la gestión de proyectos, programas y carteras a través de la formulación de mecanismos que integren características estratégicas y tecnológicas, mejoramiento de procesos y optimización de recursos humanos (Irfan et al., 2019; Project Management Institute (PMI), 2013). Ello se relaciona con el comportamiento tradicional de las pymes mediante un acercamiento directo con los interesados con el fin de brindar una oferta comercial deseable, lo cual se facilita gracias a los medios de comunicación digitales. Por lo tanto, se determinó que las organizaciones han desarrollado procesos para la medición, estandarización, control y mejora en los procesos relacionados con las habilidades comunicativas.

4.4 Identificación de buenas prácticas organizacionales

Por medio de ello se destaca la incorporación de “mejores prácticas” para la gestión de carteras, programas y proyectos, lo que se relaciona con los resultados obtenidos a través de la administración del conocimiento, la evaluación y mejora de la gestión y madurez en las organizaciones. De igual manera resaltan las restricciones asociadas al involucramiento y motivación para la mejora de prácticas en las organizaciones mediante la asignación de esfuerzos e inversiones, que permiten el aseguramiento de la calidad (Guangshe et al., 2008; Silva et al., 2019). La Figura 10 ilustra los resultados obtenidos para los procesos y buenas prácticas organizacionales.

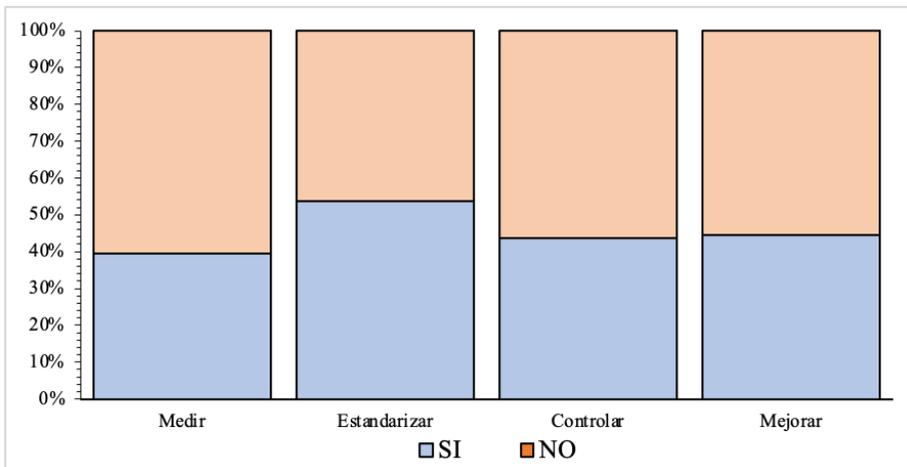


Fig. 10: Identificación de buenas prácticas organizacionales.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados derivados de la implementación de herramientas y software, por parte de las organizaciones, incrementa la capacidad de realizar un seguimiento automatizado sobre el progreso de los proyectos, así como mediciones cuantitativas a través de tecnologías para el monitoreo y registro constante de actividades. Lo cual, resulta útil en relación a la demanda que otros sectores empresariales requieren en el manejo de las herramientas, lo que refleja una estabilidad económica en el tiempo que permite mejorar los procesos de madurez empresarial en las jóvenes empresas, dedicadas al servicio de información y comunicaciones evaluadas. Asimismo, la vinculación de tecnologías para el

mejoramiento de la comunicación repercute en el mejoramiento de la eficiencia gerencial y organizacional, además de brindar seguimiento de las actividades inmersas en la conformación de equipos de trabajo y actividades específicas o especializadas (Goessens et al., 2018). De otra parte, la supervisión de procesos sigue siendo una tarea principalmente analógica y manual. Por lo tanto, es habitual que todas las tareas realizadas deban ser supervisadas y documentadas, lo que genera demanda en técnicas integrales y detalladas. Esto aumenta su uso en los grandes proyectos, donde la cantidad de tareas impide un manejo manual, así como se requiere mantener una visión general del estado de proyecto (Borrmann et al., 2018; Omar & Nehdi, 2016). Por lo tanto, los resultados expuestos en la Figura 11., ilustran la importancia de las herramientas informáticas entorno al desempeño organizacional y la gestión de los equipos de trabajo entorno al desarrollo de proyectos complejos.

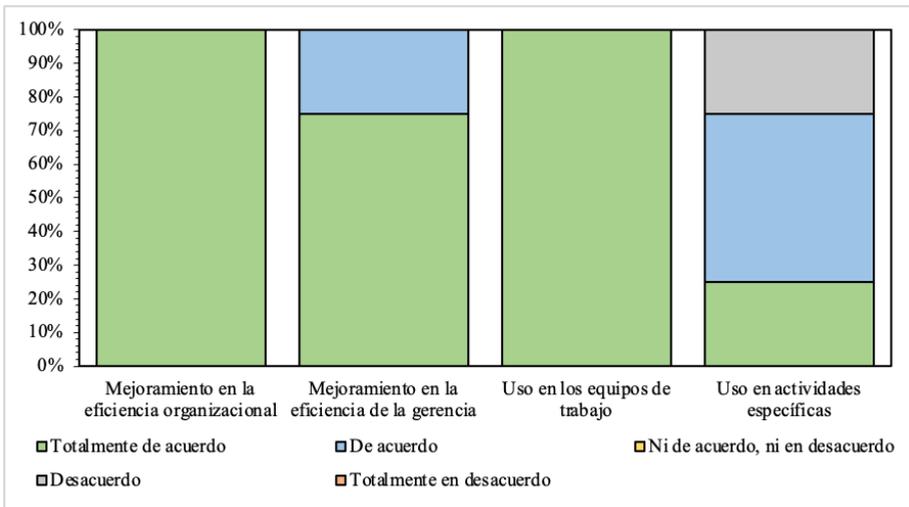


Fig. 11: Herramientas informáticas y el desempeño organizacional.

Fuente: Elaboración propia.

La labor de las empresas inmersas en el área de la comunicación e información ha permitido avanzar en los procesos realizados en distintas empresas. No obstante, continúan existiendo opiniones divididas en lo que respecta a la importancia de su gestión para la implantación de actividades específicas. Ellas, principalmente, relacionadas con labores organizacionales. Consecuentemente, la labor de dichas empresas se

fundamenta en brindar apoyo al mejoramiento de las comunicaciones, así como a las herramientas que contribuyan con el desarrollo organizacional, direccionándose a una madurez consolidada; sin embargo, estas no interfieren en las actividades realizadas por la organización ni sus roles gerenciales.

4.5 Procesos de identificación y priorización de proyectos complejos

La complejidad, entorno al desarrollo de proyectos, integra conceptos y características únicas que inciden en el cumplimiento de restricciones, objetivos estratégicos de las organizaciones y los principales procesos derivados de la implementación de estándares de gerencia de proyectos en las organizaciones. Por lo tanto, la identificación de las principales características asociadas a la identificación y ejecución de dichos proyectos, establece que aspectos como: capacidad organizacional, relaciones con interesados, disponibilidad de recursos, definición de objetivos del proyecto y la cantidad de inversionistas, preponderan en la ejecución de proyectos complejos, conforme al impacto que pueden generar en las restricciones y objetivos organizacionales. A razón de ello, algunos autores (Dao, Kermanshachi, Shane, Anderson, et al., 2016), determinan que la complejidad tiende a materializarse cuando los resultados de los proyectos son impredecibles, existe una alta interacción entre las partes internas y externas de la organización, y la comprensión de su alcance es nulo. Por consiguiente, resulta necesaria la asignación de esfuerzos en identificar requisitos y formas de implementar mecanismos, para mitigar los riesgos asociados a la ambigüedad y las limitaciones de tiempo o presupuesto en los proyectos complejos (Kermanshachi et al., 2020). Asimismo, las herramientas tecnológicas permiten fortalecer aspectos relacionados con la administración del tamaño y variedad de proyectos en las organizaciones. Por eso, el 75% de los encuestados determinó que las características de “Disponibilidad de recursos”, en conjunto con la definición de “objetivos del proyecto”, corresponden a procesos de gran importancia para la identificación y gerencia de proyectos complejos. Lo que concuerda con los resultados obtenidos por Bosch-Rekvelde et al. (2018), que determinaron que un alto nivel de complejidad se asocia a la falta de recursos y disponibilidad de conocimientos para la gestión organizacional.

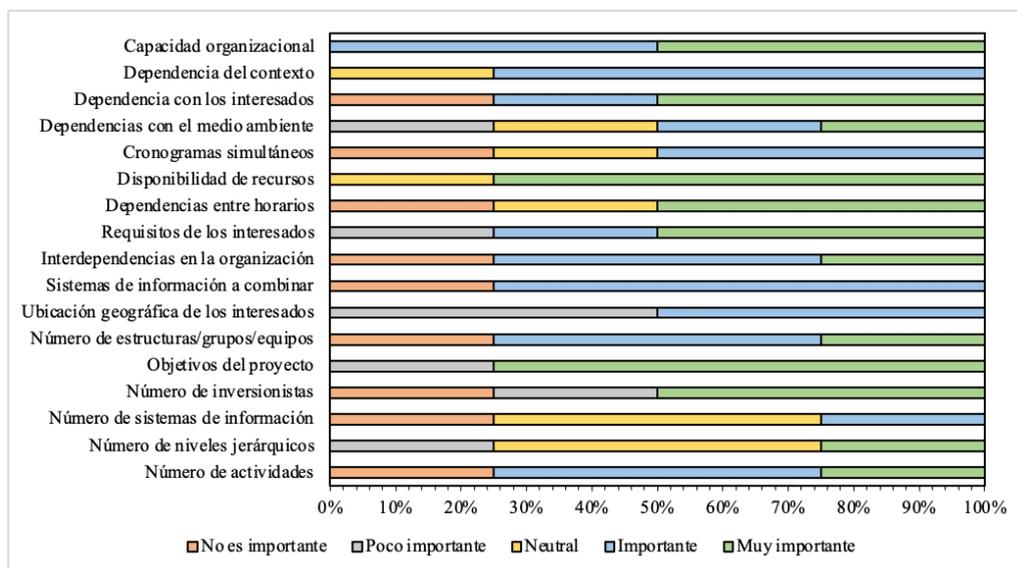


Fig. 12: Caracterización de procesos alrededor de la ejecución de proyectos complejos.

Fuente: Elaboración propia.

La ubicación geográfica de los inversionistas o interesados, del proyecto, se considera de baja importancia con un 25% y 50% respectivamente. Ello se refleja en gran medida por la coordinación en la ejecución de los proyectos, así como la conformación de equipos de trabajo globales. Así se disponen de facilidades que incrementan la eficiencia en lo respectivo a la ejecución de los proyectos y la obtención de mayores beneficios económicos, derivados de la eliminación de paradigmas relacionados a las distancias físicas, temporales, lingüísticas y culturales (Borrego et al., 2019; Bosch-Rekveltdt et al., 2018), lo cual se compagina con características de las empresas dedicadas a brindar servicios de comunicaciones e información, pues, dada su naturaleza, poseen herramientas ágiles mediante tecnologías remotas y digitales que mejoran el desempeño de los procesos.

5. DISCUSIONES

5.1 Dinámica empresarial

De conformidad a Mincomercio (2020), la economía colombiana creció 3,3% en 2019, lo que representa la mayor tasa registrada desde

el 2014 (4.5%), además de proyectar un crecimiento positivo en actividades financieras (5.7%), de administración pública (4.9%), comercio, transporte, alojamiento y comidas (4.9%), y actividades profesionales y científicas (3.7%). De igual manera, el (Fondo Monetario Internacional (FMI), 2019), proyecta una reducción del Producto Interno Bruto del 2.4% para Colombia durante el 2020, y una recuperación generalizada para la región durante el 2021 (3.3% a nivel nacional), como se observa en la Figura 13.

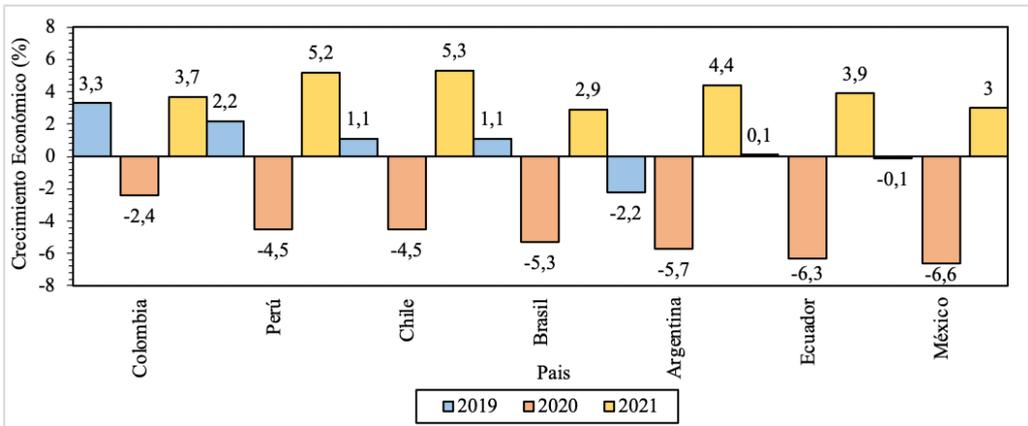


Fig. 13: Proyecciones de crecimiento del Producto Interno Bruto para Latinoamérica.

Fuente: (Fondo Monetario Internacional (FMI), 2019)

De otra parte, la actividad económica nacional, relacionada con la conformación de nuevas empresas, refleja una reducción en la participación de los sectores de servicios, industria y comercio, los cuales conforman alrededor del 91.8% de la participación en relación a la totalidad de unidades productivas (Confecámaras, 2020). Asimismo, Confecámaras (2020), establece que los subsectores con mayor contribución a la disminución se conforman por servicios (-26.9%), comercio (-21.8%) y el sector de la industria (-28.2%). Por lo tanto, el impacto relacionado con factores externos se refleja en el desempeño organizacional y la conformación de nuevas empresas a nivel nacional, como se observa en la Figura 14.

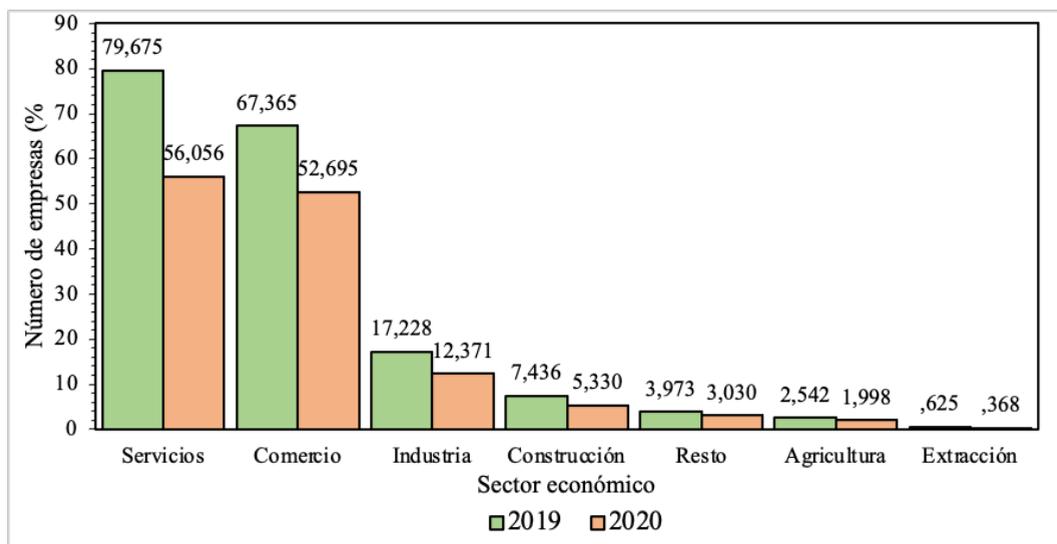


Fig. 14: Conformación de nuevas empresas por sectores económicos en Colombia.
 Fuente: (Confecámaras, 2020).

Paralelamente, la conformación de empresas a nivel nacional se relaciona con un 99.53% del total de unidades empresariales conformadas para el 2020, lo que refleja una reducción del 26.37% respecto al 2019. Ello representa una disminución importante en el desarrollo económico y la producción nacional, medida a través del Producto Interno Bruto, además de establecer requerimientos alrededor de la adopción de políticas relacionadas con la mitigación de la contracción económica, menor inversión y pérdida de empleos en el territorio nacional (Clavellina & Domínguez, 2020; Confecámaras, 2020). La Tabla 4, expone la cantidad de empresas conformadas para el periodo enero-junio de 2020, de acuerdo con el tamaño de la organización -el cual se determina mediante Decreto 957 de 2019-.

Tabla 4. Conformación de empresas por tamaño de conformidad al Decreto 957 de 2019.

Tamaño	2019	2020
Microempresa	178221	131229
Pequeña	588	583
Mediana	29	32
Grande	6	4

Fuente: Confecámaras (2020).

En consecuencia, los cambios rápidos del mercado global, el consumo y los canales de comercialización de bienes y servicios demandan el fortalecimiento de la sistematización de las organizaciones, lo que supera las expectativas del mercado, e incorpora la administración, y el flujo de información, a través de la ejecución de procesos estructurados alrededor de las organizaciones (Djerdjouri, 2019).

6. CONCLUSIONES

El éxito en los proyectos se asocia con el mayor alcance a factores relacionados con herramientas informáticas. Lo que influye en el equipo de trabajo, a la vez que se mejora el uso de estándares para el desarrollo ágil de los procesos. Ello en conjunto con las demás áreas de gestión, y en colaboración con los stakeholders, las estructuras organizacionales, y el uso de herramientas transversales al desarrollo de proyectos organizacionales. Lo que mejora los procesos de comunicación, reduce los tiempos de entrega e incrementa la capacidad productiva, la flexibilidad y la alienación estratégica de proyectos complejos. La cual, se ve expresada en la creciente demanda de necesidades informáticas y comunicaciones, ello en conjunto con el perfeccionamiento de los nuevos paradigmas que exigen la adaptación en el desarrollo, y la operación y mantenimiento de las organizaciones junto a las problemáticas de calidad. Sin embargo, el aparato empresarial que proporciona tales herramientas transversales es joven, o no se ha consolidado en un músculo empresarial robusto para establecer un modelo de madurez y capacidades en función de su experiencia, lo que influye en las capacidades de su gestión en los proyectos complejos. No obstante, la presente investigación permitió desarrollar herramientas para identificar algunos aspectos conexos a factores relacionados con la implementación de métodos y mecanismos para la sistematización de proyectos complejos en organizaciones. Esto en conjunto con la madurez empresarial para identificar que la integración de procesos tecnológicos incrementa la capacidad organizacional, así como para administrar el conocimiento y reduce la incertidumbre en la ejecución de procesos y procedimientos, al igual que la importancia de incorporar buenas prácticas y estándares alrededor de la gerencia de proyectos. Por lo tanto, estableció un precedente en la utilización de herramientas de análisis no experimental para la evaluación, y mayor comprensión, de

fenómenos en las organizaciones, sumado a la posibilidad de ajustar y validar modelos existentes.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adrian Doss, D., Tesiero, R., Gokaraju, B., McElreath, D., & Goza, R. (2017). Proposed Derivation of the Integrated Capability Maturity Model as an Environmental Management Maturity Model. *Energy and Environmental Engineering*, 5(3), 67–73. <https://doi.org/10.13189/eee.2017.050302>

Ahimbisibwe, A., Cavana, R. Y., & Daellenbach, U. (2015). A contingency fit model of critical success factors for software development projects: A comparison of agile and traditional plan-based methodologies. *Journal of Enterprise Information Management*, 28(1), 7–33. <https://doi.org/10.1108/JEIM-08-2013-0060>

Ahlemann, F., Teuteberg, F., & Vogelsang, K. (2009). Project management standards - Diffusion and application in Germany and Switzerland. *International Journal of Project Management*, 27(3), 292–303. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.01.009>

Akbar, M. A., Sang, J., Nasrullah, Khan, A. A., Mahmood, S., Qadri, S. F., Hu, H., & Xiang, H. (2019). Success factors influencing requirements change management process in global software development. *Journal of Computer Languages*, 51(August 2018), 112–130. <https://doi.org/10.1016/j.cola.2018.12.005>

Armando, A., & Santos, C. (2018). *Ciencias sociales y humanísticas Tecnología de gestión de recursos humanos*. 3000–3003.

Azimi, R., Lee, S., Abourizk, S. M., & Alvanchi, A. (2011). A framework for an automated and integrated project monitoring and control system for steel fabrication projects. *Automation in Construction*, 20(1), 88–97. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.07.001>

Borrego, G., Morán, A. L., Palacio, R. R., Vizcaíno, A., & García, F. O. (2019). Towards a reduction in architectural knowledge vaporization

- during agile global software development. *Information and Software Technology*, 112(April), 68–82. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2019.04.008>
- Borrmann, A., König, M., Koch, C., & Beetz, J. (2018). *Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3_33
- Bosch-Rekvelde, M., Bakker, H., & Hertogh, M. (2018). Comparing project complexity across different industry sectors. *Complexity*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/3246508>
- Cha, J., & Maytorena-Sanchez, E. (2019). Prioritising project management competences across the software project life cycle. *International Journal of Managing Projects in Business*, 12(4), 961–978. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-11-2017-0145>
- Chaikovska, M. (2017). Metodological Bases of It Project Management With Simulation Modelling Tools. *Scientific Journal of Polonia University*, 21(2), 55–66. <https://doi.org/10.23856/2106>
- Choudhury, V., & Sabherwal, R. (2003). Portfolios of Control in Outsourced Software Development Projects. *Information Systems Research*, 14(3), 291–314. <https://doi.org/10.1287/isre.14.3.291.16563>
- Chow, T., & Cao, D. B. (2008). A survey study of critical success factors in agile software projects. *Journal of Systems and Software*, 81(6), 961–971. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2007.08.020>
- Clarke, P., O'Connor, R. V., & Leavy, B. (2016). A complexity theory viewpoint on the software development process and situational context. *International Conference on Software and System Process, ICSSP 2016, May*, 86–90. <https://doi.org/10.1145/2904354.2904369>
- Clavellina, J. L., & Domínguez, M. I. (2020). Implicaciones económicas de la pandemia por COVID-19 y opciones de política. *Instituto Belisario Domínguez*, 81, 1–11.

- Cohen, I., Golany, B., & Shtub, A. (2005). Managing stochastic, finite capacity, multi-project systems through the cross-entropy methodology. *Annals of Operations Research*, 134(1), 183–199. <https://doi.org/10.1007/s10479-005-5730-1>
- Colombi, John M.; Miller, Michael E.; Schneider, Michael; McGrogan, Jason; Long, David S.; Plaga, J. (2012). Model Based Systems Engineering with Department of Defense Architectural Framework. *Systems Engineering*, 14(3), 305–326. <https://doi.org/10.1002/sys>
- Confecámaras. (2020). *Dinámica de creación de empresas en colombia: enero-junio de 2020* (p. 15). <http://www.confecamaras.org.co/noticias/509-en-2016-aumento-15-8-la-creacion-de-empresas-en-colombia>
- Conforto, Edivandro C, Salum, F., Amaral, D. C., da Silva, S. L., & Magnanini de Almeida, L. F. (2014). Can Agile Project Management Be Adopted by Industries Other than Software Development? *Project Management Journal*, 45(3), 21–34.
- Conforto, Edivandro Carlos, Amaral, D. C., da Silva, S. L., Di Felippo, A., & Kamikawachi, D. S. L. (2016). The agility construct on project management theory. *International Journal of Project Management*, 34(4), 660–674. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.01.007>
- Ley 905 de 2004, Por medio de la cual se modifica la Ley 590 de 2000 sobre promoción del desarrollo de la micro, pequeña y mediana empresa colombiana y se dictan otras disposiciones, 14 (2004).
- Cristóbal, J. R. S. (2017). The S-curve envelope as a tool for monitoring and control of projects. *Procedia Computer Science*, 121, 756–761. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.097>
- Curtis, B., Hefley, B., & Miller, S. (2016). *People Capability Maturity Model: A Framework for Human Capital Management*.
- Dao, B., Kermanshachi, S., Shane, J., & Anderson, S. (2016). Project Complexity Assessment and Management Tool. *Procedia*

- Engineering*, 145 (December), 491–496. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.026>
- Dao, B., Kermanshachi, S., Shane, J., Anderson, S., & Hare, E. (2016). Identifying and Measuring Project Complexity. *Procedia Engineering*, 145(October), 476–482. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.024>
- Delgado, A. A., & Solano, D. J. G. (2017). Construcción de un índice sintético de desempeño institucional municipal en Colombia. *Reforma y Democracia*, 2017-Febru (67), 125–162.
- Desmond, C. (2017). Project management tools-software tools. *IEEE Engineering Management Review*, 45(4), 24–25. <https://doi.org/10.1109/EMR.2017.2765439>
- Dimitrov, D. (2020). *Software project estimation intelligent forecasting, project control, and client relationship management*. Apress. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-5025-9>
- Djerdjouri, M. (2019). Data and business intelligence systems for competitive advantage: prospects, challenges, and real-world applications. *Mercados y Negocios*, 1.
- Enríquez, J. G., Sánchez-Begines, J. M., Domínguez-Mayo, F. J., García-García, J. A., & Escalona, M. J. (2018). An approach to characterize and evaluate the quality of Product Lifecycle Management Software Systems. *Computer Standards and Interfaces*, 61, 77–88. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2018.05.003>
- Eroshkin, S. Y., Kameneva, N. A., Kovkov, D. V., & Sukhorukov, A. I. (2017). Conceptual System in the Modern Information Management. *Procedia Computer Science*, 103(October 2016), 609–612. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.01.079>
- Fondo Monetario Internacional (FMI). (2019). *Perspectiva de la economía mundial, desaceleración del crecimiento, precaria recuperación*. Fondo Monetario Internacional (FMI).

- Franco Ángel, M. (2019). Caracterización de las pymes colombianas y de sus fundadores: un análisis desde dos regiones del país. *Estudios Gerenciales*, 35(150), 81–91. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2019.150.2968>
- Goessens, S., Mueller, C., & Latteur, P. (2018). Feasibility study for drone-based masonry construction of real-scale structures. *Automation in Construction*, 94(May), 458–480. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.06.015>
- Guangshe, J., Li, C., Jianguo, C., Shuisen, Z., & Jin, W. (2008). Application of organizational project management maturity model (OPM3) to construction in China: An empirical study. *Proceedings of the International Conference on Information Management Proceedings of the International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2008*, 2(Cmmi), 56–62. <https://doi.org/10.1109/ICIII.2008.182>
- Hagan, G., Bower, D., & Smith, N. (2011). Managing complex projects in multi-project environments. In C. Egbu & E. C. W. and Lou (Eds.), *Procs 27th Annual ARCOM Conference* (pp. 787–796). Association of Researchers in Construction Management.
- Haq, S. U., Gu, D., Liang, C., & Abdullah, I. (2019). Project governance mechanisms and the performance of software development projects: Moderating role of requirements risk. *International Journal of Project Management*, 37(4), 533–548. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2019.02.008>
- Hazir, Ö. (2015). A review of analytical models, approaches and decision support tools in project monitoring and control. *International Journal of Project Management*, 33(4), 808–815. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.09.005>
- Henriksen, A., & Pedersen, S. A. R. (2017). A qualitative case study on agile practices and project success in agile software projects. *Journal of Modern Project Management*, 5(11), 62–73. <https://doi.org/10.19255/JMPM01306>

- Hunziker, S. (2017). Efficiency of internal control: evidence from Swiss non-financial companies. *Journal of Management and Governance*, 21(2), 399–433. <https://doi.org/10.1007/s10997-016-9349-1>
- IEEE Computer Society. (2014). *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge Version 3.0 (SWEBOK Guide V3.0)* (3rd ed.).
- Irfan, M., Hassan, M., & Hassan, N. (2019). The effect of project management capabilities on project success in pakistan: An empirical investigation. *IEEE Access*, 7, 39417–39431. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2906851>
- Kermanshachi, S., Dao, B., Rouhanizadeh, B., Shane, J., & Anderson, S. (2020). Development of the Project Complexity Assessment and Management Framework for Heavy Industrial Projects. *International Journal of Construction Education and Research*, 16(1), 24–42. <https://doi.org/10.1080/15578771.2018.1499568>
- Kerzner, H. (2019). *Using the Project Management Maturity Model* (Third Edit). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Khan, A. A., Shameem, M., Kumar, R. R., Hussain, S., & Yan, X. (2019). Fuzzy AHP based prioritization and taxonomy of software process improvement success factors in global software development. *Applied Soft Computing Journal*, 83, 105648. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105648>
- Kitchenham, B., Pretorius, R., Budgen, D., Brereton, O. P., Turner, M., Niazi, M., & Linkman, S. (2010). Systematic literature reviews in software engineering-A tertiary study. *Information and Software Technology*, 52(8), 792–805. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2010.03.006>
- Kostalova, J., & Tetreva, L. (2018). Proposal and Verification of Project Management Methods and Tools Oriented Maturity Model. *Revista de Gestao e Projetos*, 9(1), 1. <https://doi.org/10.5585/gep.v9i1.595>

- Lee, S., & Yong, H. S. (2010). Distributed agile: Project management in a global environment. *Empirical Software Engineering*, 15(2), 204–217. <https://doi.org/10.1007/s10664-009-9119-7>
- Li, F., Vernadat, F., Siadat, A., & Li, Z. (2019). Visualised Decision Support in Industrial Project Monitoring and Control. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2019-Decem*, 948–951. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8607307>
- Mayorga, S. A., & Pinzón, N. B. C. (2008). Diagnóstico de la madurez de los procesos en empresas medianas colombianas. *Ingeniería y Universidad*, 12(2), 245–267.
- Mejía Cañas, C. A. (2013). *El concepto de la capacidad instalada*. 574, 1–3.
- Meredith, J. R., Shafer, S. M., & Mantel, S. J. (2017). *Project management: a strategic managerial approach*.
- Mincomercio. (2020). *Dinámica de la economía colombiana* (Issue 2, p. 62).
- Monteiro, A., Santos, V., & Varajão, J. (2016). Project Management Office Models - A Review. *Procedia Computer Science*, 100, 1085–1094. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.254>
- Münch, J., Armbrust, O., Kowalczyk, M., & Soto, M. (2013). *Software Process Definition and Management*. Springer.
- Na-nan, K., Chaiprasit, K., & Pukkeeree, P. (2018). A validation of the performance management scale. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 35(6), 1253–1267. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-04-2017-0064>
- Naciones Unidas. (2009). Revisión 4, Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU). In *Dermatologic Surgery* (Vol. 33, Issue 10). Naciones Unidas. <https://doi.org/10.1111/j.1524-4725.2007.33271.x>

- Omar, T., & Nehdi, M. L. (2016). Data acquisition technologies for construction progress tracking. *Automation in Construction*, 70, 143–155. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.06.016>
- Persson, J. S., Mathiassen, L., & Aaen, I. (2012). Agile distributed software development: Enacting control through media and context. *Information Systems Journal*, 22(6), 411–433. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2575.2011.00390.x>
- PMI, P. M. I. (2014). *Navigating Complexity: A practice guide*.
- PMI, P. M. I. (2017). *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)* (Sexta edic.).
- Project Management Institute. (2003). *Organizational Project Management Maturity Model (OPM3)*. Project Management Institute, Inc.
- Project Management Institute (PMI). (2013). *Organizational Project Management Maturity Model - OPM3* (Third Edit). Project Management Institute, Inc. www.pmi.org
- Rebolj, D., Babič, N. Č., Magdič, A., Podbreznik, P., & Pšunder, M. (2008). Automated construction activity monitoring system. *Advanced Engineering Informatics*, 22(4), 493–503. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2008.06.002>
- Schwalbe, K. (2016). *Information Technology Project Management* (Eighth Edi). Cengage Learning. <https://doi.org/10.4324/9781315672922-11>
- Senaratne, S., & Ruwanpura, M. (2016). Communication in construction: a management perspective through case studies in Sri Lanka. *Architectural Engineering and Design Management*, 12(1), 3–18. <https://doi.org/10.1080/17452007.2015.1056721>
- Shafiq, M., Zhang, Q., Akbar, M. A., Khan, A. A., Hussain, S., Fazal-E-Amin, Khan, A., & Soofi, A. A. (2018). Effect of Project Management in Requirements Engineering and Requirements Change Management Processes for Global Software Development.

IEEE Access, 6(c), 25747–25763. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2834473>

Silva, R., Duarte, N., Barros, T., & Fernandes, G. (2019). Project Management Maturity: Case study analysis using OPM3® model in manufacturing industry. *Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation, ICE/ITMC 2019*. <https://doi.org/10.1109/ICE.2019.8792586>

Tam, C., Moura, E. J. da C., Oliveira, T., & Varajão, J. (2020). The factors influencing the success of on-going agile software development projects. *International Journal of Project Management*, 38(3), 165–176. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2020.02.001>

The International Centre for Complex Project Management (ICCPM). (2012). Complex Project Manager Competency Standards. *International Centre for Complex Project Management (ICCPM)*, 1(August), 100.

Toschi, G. M., Campos, L. B., & Cugnasca, C. E. (2017). Home automation networks: A survey. *Computer Standards and Interfaces*, 50, 42–54. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2016.08.008>

Tüzün, E., Tekinerdogan, B., Macit, Y., & İnce, K. (2019). Adopting integrated application lifecycle management within a large-scale software company: An action research approach. *Journal of Systems and Software*, 149, 63–82. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.11.021>

Usama, M. K., Fauziah, W., & Yusoff, W. (2018). The Relationship Between Entrepreneurs' Financial Literacy and Business Performance Among Entrepreneurs of Bauchi State Nigeria. *International Journal of Entrepreneurship and Business Innovation*, 1(1), 15–26. www.abjournals.org

Verga Matos, P., Romão, M., Miranda Sarmiento, J., & Abaladas, A. (2019). The adoption of project management methodologies and tools by NGDOs: A mixed methods perspective. *Journal of Business Research*, 101(February), 651–659. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.01.067>

Williams, T. (2017). The Nature of Risk in Complex Projects. *Project Management Journal*, 48(4), 55–66. <https://doi.org/10.1177/875697281704800405>

Wiredu, G. O. (2019). *Global Software Engineering Virtualization and Coordination*. Taylor & Francis Group.

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

Barreda-Ramírez, Concepción¹; Rueda-Varón, Milton²

¹Facultad 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.

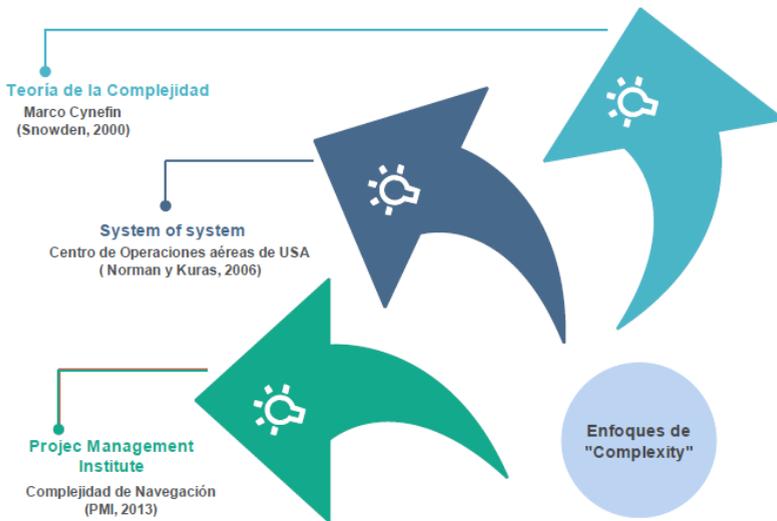


Fig. 1: Enfoques de pensamiento de *complexity*.

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. http://10.0.3.248/j.ijproman.2016.06.002	Explican las complejidades, su relación y necesidad.

Autor y título	Concepto teórico
<p>Geraldi, J. G., & 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., & 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., & 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., & 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</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., & 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., & 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	
Integración	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.
Alcance	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.
Tiempo	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.

Dimensiones de complexity	Preguntas propuestas para cada dimensión	
Costos	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.
Calidad	18	Requerimientos de calidad del producto y entregables muy exigentes.
Recursos Humanos	19	Alto número de participantes claves y multidisciplinarias.
	20	Recursos claves del proyecto compartidos con otros proyectos.
Comunicaciones	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.
Riesgos y Oportunidades	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.
Recursos y Adquisiciones	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.

Alpha Reability	0,9392
Standardizad Alpha	NaN

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.

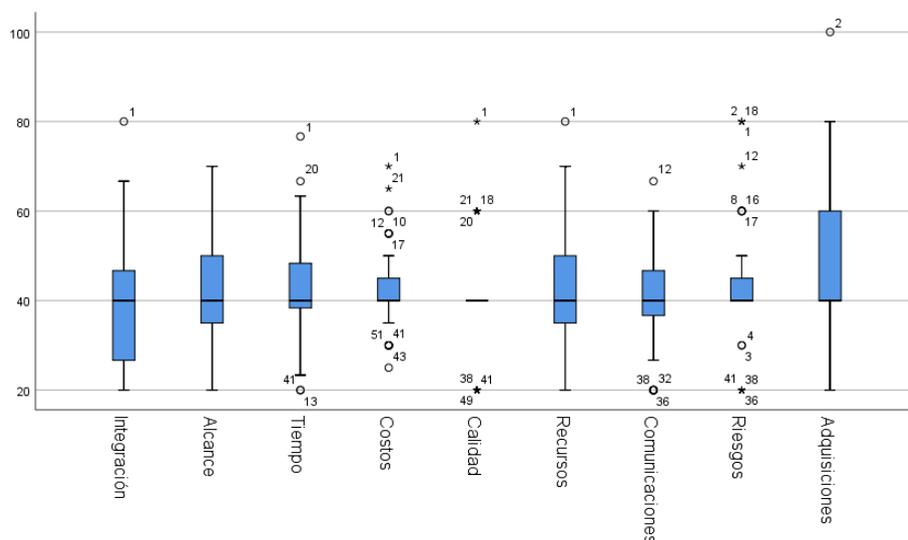


Fig. 10: Diagrama de caja - boxplot

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

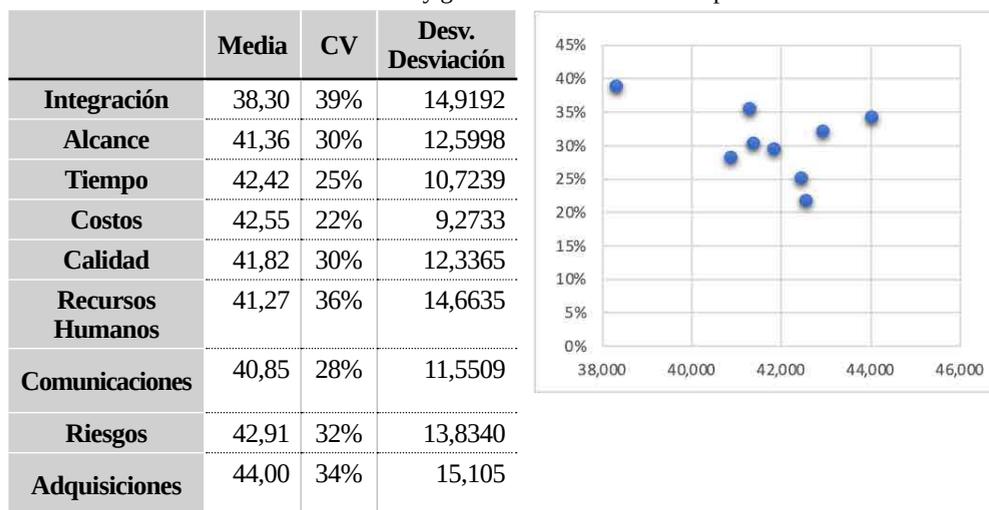
	Mínimo	Máximo	Media	Dev. Desviación
Integración	20,0	80,0	38,303	14,9192
Alcance	20,0	70,0	41,364	12,5998
Tiempo	20,0	76,7	42,424	10,7239
Costos	25,0	70,0	42,545	9,2733
Calidad	20,0	80,0	41,818	12,3365
Recursos Humanos	20,0	80,0	41,273	14,6635

	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



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 cliente, 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.

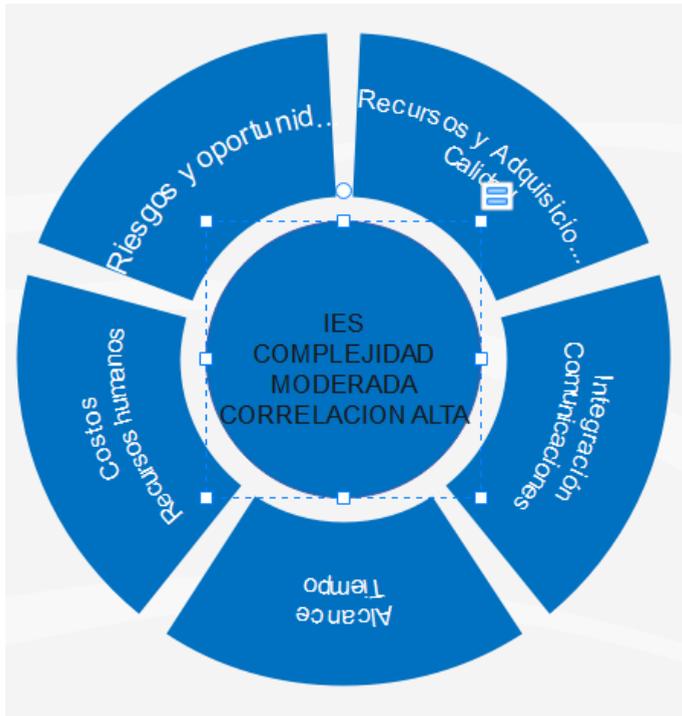


Fig. 12: Modelo de Complejidad para las IES
Fuente: Propia a partir de análisis estadístico

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.

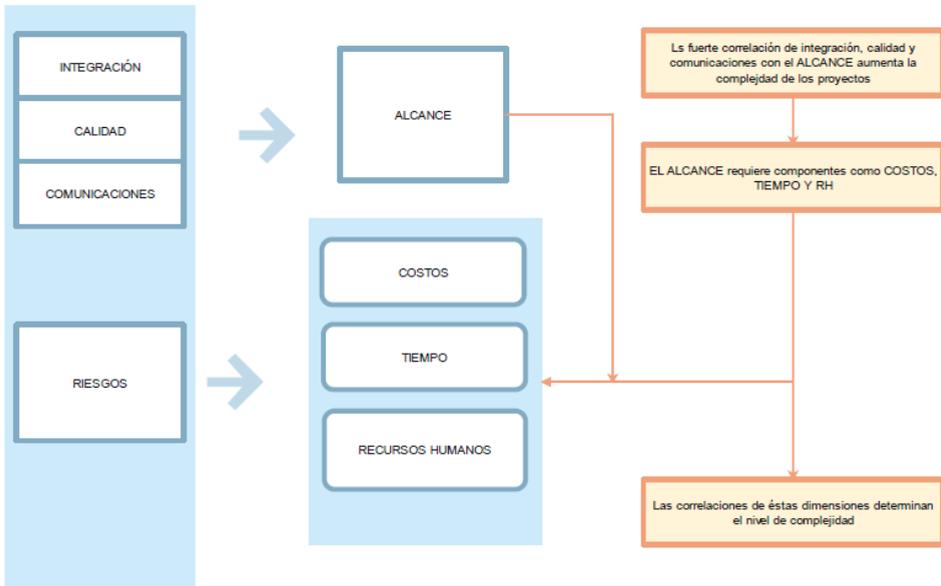


Fig. 13: Modelo de Relaciones del nivel de complejidad en las IES

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
- 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
- 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*.

SCIENTOMETRIC ANALYSIS OF PMOS AND THEIR RELATION WITH THE MANAGEMENT OF PROJECTS PROGRAMS AND PORTFOLIOS

Rincón-González, César Hernando, PostDoc., Ph.D.

¹ *Faculty of Engineering EAN University.*
cesarrincon@yahoo.com
crincon2.d@universidadean.edu.co.

1. INTRODUCTION

Researchers had conducted studies about PMOs, and others had analyzed the effect of this kind of structures in the context of projects, program and portfolios management (PPPM). This research work developed a meticulous state of the art about PMOs and its relation with the PPPM, by performing a detailed scientometric analysis of this matter of study.

The aim of this research is to develop a detailed scientometric analysis of PMOs in the context of project, program and portfolio management by developing a theoretical framework about main concepts related to PMOs and project, program and portfolio management, as well as scientometric; to define a research methodology in order to develop a meticulous scientometric analysis about the PMOs in the context of PPPM; to conduct a comprehensive bibliometric analysis about main authors, topics of study, sources, subgroups, countries and institutions about PMOs and their relation with the PPPM; to document findings

about the scientometric analysis of PMOs in the context of project, program and portfolio management; and to establish conclusions, and to define future lines of research about the PMOs and the PPPM as a topic of study.

2. THEORETICAL FRAMEWORK

On this research work, main concepts related to PMOs and project, program and portfolio management, as well as scientometric were defined. These elements were included on the research methodology of this study.

2.1 PMOs

The term PMO refers to “an office or organization for the management of portfolios, programs or projects” (PMI, 2017 a, p. 4). The concept of PMO is also defined as one of the kinds of organizational structures, with particular characteristics such as: high to almost total authority of the project management with full time assignment, high or total availability of resources to undertake this kind of endeavors, responsibility of project management over budget and other resources needed to face projects (PMI, 2017 a).

For the AIPM, the PMOs “are typically focused on the technical aspects of projects and programs, such as: the development and maintenance of the methodology, report or management of resources; but without the responsibility over the portfolio” (AIPM, 2014, Part F p. 5). The APM states that PMOs are structures designed for the management of project, programs and portfolios PPPM (APM, 2019). Aubry, Hobbs & Thuillier (2009, p. 142) argue that PMOs can be seen as social entities.

For the AMA, a PMO is the place where project managers and the management of projects meet, and is a fundamental element “for organizations that move from doing an adequate job on project management with an individual approach, to create a project management system for the organization that adds value, in a repetitive and reliable way” (Dinsmore & Cabanis-Brewin, 2011, p. 356).

IPMA remarks that PMOs “define the strategies and goals for the development of the activities related with the management of projects (...) and habilitate the development of collective competitive and organizational advantages by conducting joined activities of project and program stakeholders” IPMA (2015, p. 21).

According to Hill, a PMO “involves people (stakeholders), processes (methodologies and practices), and techniques (automated systems and aids for the work) to manage or influence the management of projects” Hill (2013, p. xxi).

ISO 21.500 refers to the PMO concept as “one of the project stakeholders that provides a wide range of activities such as governance, standardization, training on project management, as well as planning and monitoring of projects” ISO 21.500 (2012, p. 9). Kerzner (2013, p. 1097) declares that PMOs “are the guardians of the intellectual property about project management” on an organization. For Lock (2013, p. 171) the PMOs “are a group of centralized project management services”.

According to the P2M, a project office (PO) is a fundamental element for a project oriented organization, and is responsible for the maximization of organizational value based on flexible collaboration (PMAJ, 2017).

The program management offices (PgMO) are “organizational structures that standardize the governance processes related to programs and facilitate sharing of resources, methodologies, tools and techniques” across an organization (PMI, 2017 c, p. 79). A portfolio management office (PfMO) is an “organizational entity that provides a wide range of capacities and support processes for the management of portfolios” (PMI, 2017 b, p. 16).

For Axelos (2013, p. 7) a portfolio, program and project management office (P3O) is “an unique or multiple structures, physical or virtual, temporal or permanent, that provide a combination of centralized and combined services and functions, as well as integration with governance arrangements, the business and other corporate supporting functions”.

2.2 Project management

Project management is defined as “the application of knowledge, skills, tools, and techniques to project activities to meet the project requirements” (PMI, 2017 a, p. 10). Other definition of project management is the application of processes, methods, knowledge, skills and experience to achieve project objectives (APM, 2019). Kerzner (2013, p. 66) defines project management as “the process to reach project objectives throughout a traditional organizational structure and the specialties from the related individuals”.

For the ISO 21.500 this term consists of “the application to a project of methods, tools, techniques and competencies. Project management involves the integration of different phases of the project life cycle” (ISO, 2012, p. 4). From the P2M perspective, project management is the total referential framework of the practical professional capability to deliver a project product, reaching a given mission, by organizing a project team (PMAJ, 2017).

For Lock (2013, p. 1), project management is the “discipline of planning, organizing and controlling people, money and cash, in order to complete projects successfully”. For the AMA, project management is a “group of leanings for the planning, the monitoring and the control of unique endeavors” (Dinsmore & Cabanis-Brewin, 2011, p. 5). For the APM, project management can be defined as the application of processes, methods, knowledge, tools and experiences to reach project goals (APM, 2019).

The IPMA (2015) states that project management is the “application of methods, tools, techniques and competences to a project, with the purpose of reach its goals” (IPMA, 2015, p. 36). For Axelos (2017) project management is the planning, delegation, monitoring and control of the aspects of a project, as well as the motivation of the stakeholders, to reach project objectives within the goals of performance, time, cost, quality, scope, benefits and risks.

2.3 Program management

The PMI defines program management as “the application of knowledge, skills and principles to a program, to reach program objectives and to gain benefits and control, not available, if projects were managed independently” (PMI, 2017 a, p. 14).

For the ISO21.500, program management “consists of on centralized and coordinated activities to reach goals” of the program (ISO, 2012, p. 6). The P2M defines program management as a reference framework of the capacities to adapt, to manage in a flexible way, the performance of the organization, this capacity is showed when incrementing the holistic value and reach a mission, optimizing the relation between the combination of projects (PMAJ, 2017).

For Lock (2013), program management is a step beyond project management, where a wide combination of projects, are managed, in a coordinated way within a structure named program. The AMA defines program management as “the practices that help organizations to group projects and manage them by departments or divisions” (Dinsmore & Cabanis-Brewin, 2011, p. 297).

The APMBOK defines program management as the coordinated management of projects and activities of change management to reach a beneficial change (APM, 2019). The IPMA states program management as “the coordinated management of all components with the purpose of implementing change as well as benefit realization (...) consists of the application of methods, tools, techniques and competencies to a program” (IPMA, 2015, p. 158).

For Axelos (2017), program management is the organization, direction, and coordinated implementation of a group of projects and transformation activities to reach program results and obtain benefits of strategic importance.

2.4 Portfolio management

The PMI defines the term portfolio management as “the centralized administration of one or more portfolios to reach strategic objectives” (PMI, 2017 a, p. 15) and consists of the “application of portfolio mana-

gement principles to align a portfolio and its components, with the organizational strategy” (PMI, 2017 b, p. 5).

For the ISO 21.500, portfolio management “is the centralized management of one or more project portfolios, which includes the identification, priorities setting, authorization, management and control of the projects, programs and other works, to reach strategic goals” (ISO, 2012, p. 6).

For the AIPM, portfolio management “operates at the strategic level of the organization. Different from projects and programs, a portfolio does not have a defined time frame, in contrast, is a continuous process and requires periodical reviews to assure that the portfolios remain balanced and consistent with the organizational strategic objectives” (AIPM, 2014, Part F p. 4).

For Lock (2013), portfolio management is a process that aims the proper definition of priorities that project have formally authorized by top management, to assign the better available resources to mitigate risk exposure, are constantly overlooked to keep them under control.

The AMA defines portfolio management as “manage different projects by departments and divisions” (Dinsmore & Cabanis-Brewin, 2011, 297). The APMBOK says portfolio management is the selection, prioritization and control of projects and programs on an organization aligned with the strategic objectives and it’s delivery capacity (APM, 2019).

IPMA defines portfolio management as “a dynamic decision-making process in which new projects and programs are evaluated, selected, prioritized and balanced in the context of previously approved projects and programs within the portfolio” (IPMA, 2015, p. 282).

Axelos defines portfolio management as a coordinated collection of strategic processes and decisions that together, allows the most effective balance between organizational change and the form in which the organization reaches its objectives (Axelos, 2017).

2.5 Project program and portfolio management (PPPM)

Considering the definitions of project, program and portfolio management mentioned above, it can be said that project program and portfolio management (PPPM) is the management of these kinds of endeavors within a given organization, in a coordinated way.

2.6 Scientometrics

Scientometrics is the “the branch of information science concerned with the application of bibliometrics to the study of the spread of scientific ideas; the bibliometric analysis of science” Oxford (2020 b).

Bibliometric is the “statistical analysis of books, articles, or other publications” Oxford (2020 a).

3. METHODOLOGY

In this section, an exploratory methodology was defined based on the scientometric and bibliometric analysis. The components used on this research work were: (a.) search of the terms PMO, project, program and portfolio management on the main scientific information analysis tools (Scopus and WOS); (b.) identification of 432 scientific publications between 1987 and 2020 (January), related to the matter of study; (c.) depuration of the data from the selected publications; (d.) construction of the loading information files; (e.) exportation of the selected publications information in to the bibliometric analysis tool; (f.) conduct the bibliometric analysis of main topics of investigation about PMOs in the context of PPPM; (g.) definition of key authors; (h.) determination of the principal sources (journals), (i.) main subgroups; (j.) countries; (j.) institutions; and (k.) documentation of the scientometric analysis results about PMOs and their relation with project, program and portfolio management. The methodology of research is shown in the Figure 1.

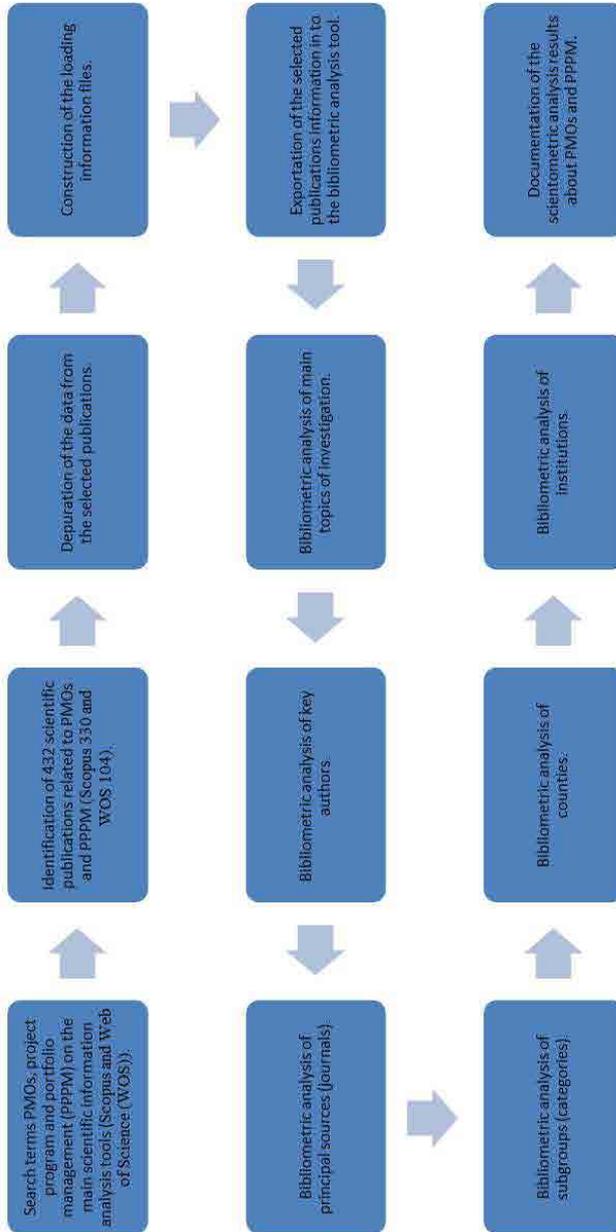


Fig. 1: Methodology of research.

Source: The Author with Rincón-González (2014 a, 2014 b, 2015, 2016, 2017 a, 2017 b, 2018 a, 2018 b, 2018 c, 2019 a, 2019 b, 2020 a, 2020b, 2020c, 2020 d, 2021); Rincón-González & Aragónés-Beltrán (2020); Rincón-González & Díaz-Piraquive (2018, 2019 a, 2019 b, 2019 c, 2019 d, 2020); Rincón-González & Castro-Silva (2019); Rincón-González, Díaz-Piraquive & Diez-Silva (2019); Rincón-González, Nieto, Rodríguez, Romero & Fajardo (2018); Bautista & Rincón-González (2017); Castro-Silva, Rincón-González & Diez-Silva (2020); Cifuentes, Buenaventura, Marroquin, Moya & Rincón-González (2021); Díaz-Piraquive & Rincón-González (2019); Gómez, Rojas, Piedrahita, Cortes, Marín & Rincón-González (2019); Mejía & Rincón-González (2018); Muñoz, Landínez, Ojeda, Quirós, Vera & Rincón-González (2019); Otero & Rincón-González (2020); Peña, and Rincón-González, Sánchez & Gavilán (2018); Rodríguez & Rincón-González (2020); Sarmiento Rojas & Rincón-González (2020); Vargas & Rincón-González (2021).

4. RESULTS

The relations between the PMOs and the PPPM were analyzed by conducting detailed scientometric analysis about how this kind of structures influence the management of projects, programs and portfolios according to the scientific literature illustrated by Scopus and WOS databases. In each case, the following bibliometric analyses were carried out: (a.) publications per year on main scientific information analysis tools; (b.) main topics of research; (c.) key authors, whit more citations and publications; (d.) principal sources, with larger number of scientific articles; (e.) publications by subgroups (categories); (f.) countries of origin; and (g.) research institutions heading the investigation of the matter of study.

4.1 Scientometric analysis of PMOs and their relationship with the management of projects

85.02% of the scientific literature analyzed on this research is about the relation between PMOs and PPPM and is oriented from the project management perspective. This is evidence to prove that the PMOs influence in a strong way the management of this kind of endeavors among organizations.

4.1.1 *Bibliometric analysis of publications about PMOs and their relation with project management*

Since 1987, there had been publications analyzing the way PMOs influence the management of projects, from 2003 an increment on the number of publications related to this phenomenon is observed; illustrating a strong proliferation of studies investigating this aspect of the PPPM as showed on figure 2.

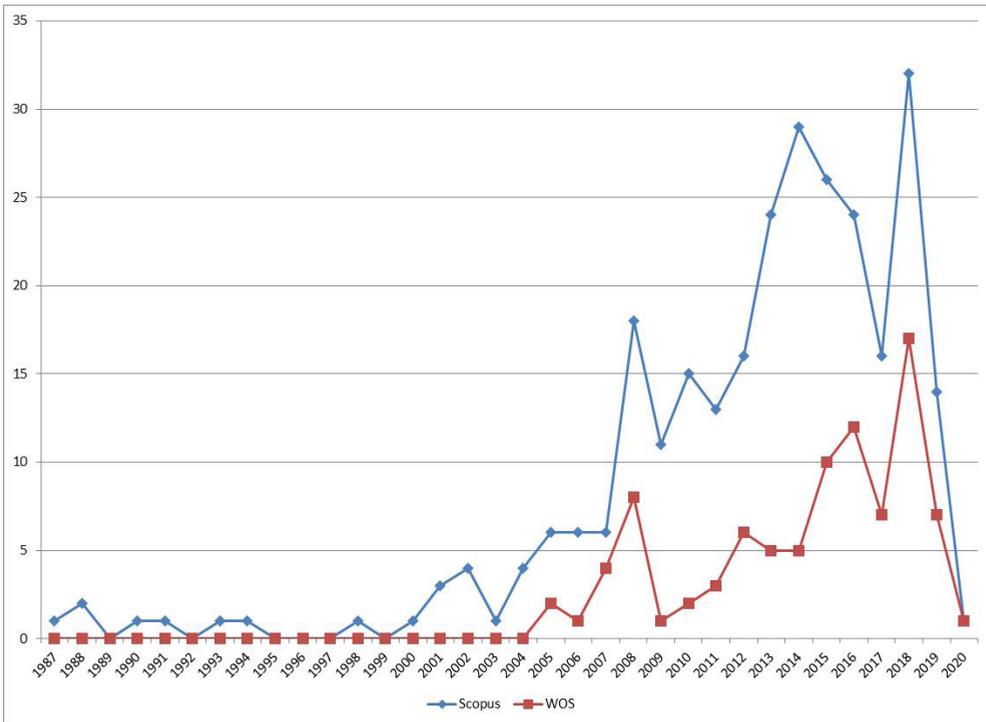


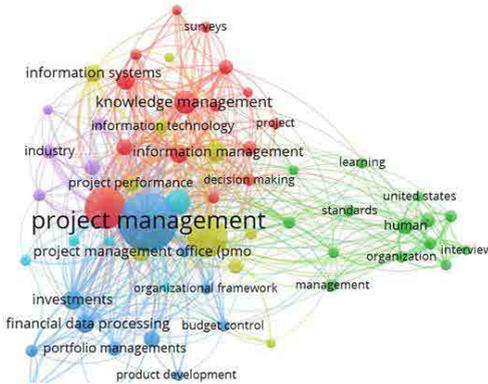
Fig. 2: Scientific publications about the relationship between PMOs and project management – Scopus and WOS (1987 – 2020).

Source: The author with information from Scopus (2020) and WOS (2020).

4.1.2 Bibliometric analysis of main topics of research about the PMOs and their relation with project management

On one hand, the topics with greater link strength about PMOs and project management in Scopus are: (a.) project management, (b.) PMOs, (c.) information management, (d.) investments, and (e.) knowledge management (refer to figure 3).

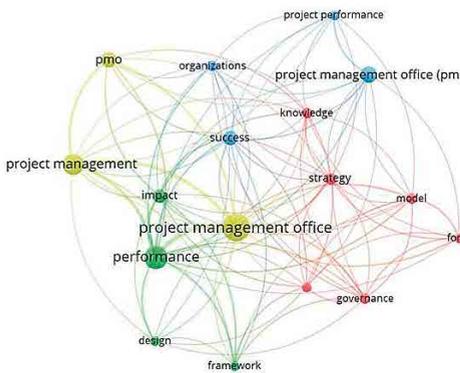
On the other hand, on WOS, the links with mayor impact are: (a.) PMO, (b.) performance, (c.) project management, (d.) impact, and (e.) success, as can be seen on figure 4.



keyword	occurrences	total link strength
project management	168	555
project management offices	82	341
project management office	80	241
information management	22	125
investments	20	121
knowledge management	26	113
financial data processing	17	110
societies and institutions	18	108
management science	18	102
pmo	31	93
information systems	15	79
portfolio managements	10	68
human resource management	11	63
project managers	13	61
human	13	59
research	12	59
information technology	11	55
project management office (pmo)	19	54

Fig. 3: Bibliometric map of main topics of research about the PMOs and their relation with project management – Scopus.

Source: The author with information from Scopus (2020).



keyword	occurrences	total link strength
project management office	36	62
performance	25	60
project management	21	42
impact	9	30
success	10	30
pmo	12	25
strategy	7	23
governance	6	22
model	6	20
framework	5	18
knowledge	6	18
portfolio management	5	17
project management office (pmo)	13	17
organizations	6	16
form	5	14
design	5	13
project performance	5	11

Fig. 4: Bibliometric map of main topics of research about the PMOs and their relation with project management – WOS.

Source: The author with information from WOS (2020).

4.1.3 Bibliometric analysis of key authors on the research about the PMOs and their relation with project management

Regarding to authors with larger numbers of quotes and references, Scopus highlighted the following: (a.) Aubry, M., (b.) Hobbs, B., (c.) Thuller, D., (d.) Lavoie-Tremblay, M., and (e.) Richer, M., as illustrated on figure 5.

Main authors on WOS are: (a.) Aubry, M., (b.) Lavoie-Tremblay, M., (c.) Richer, M., (d.) Cry, G., and (e.) Hobbs, B., as shown on figure 6.

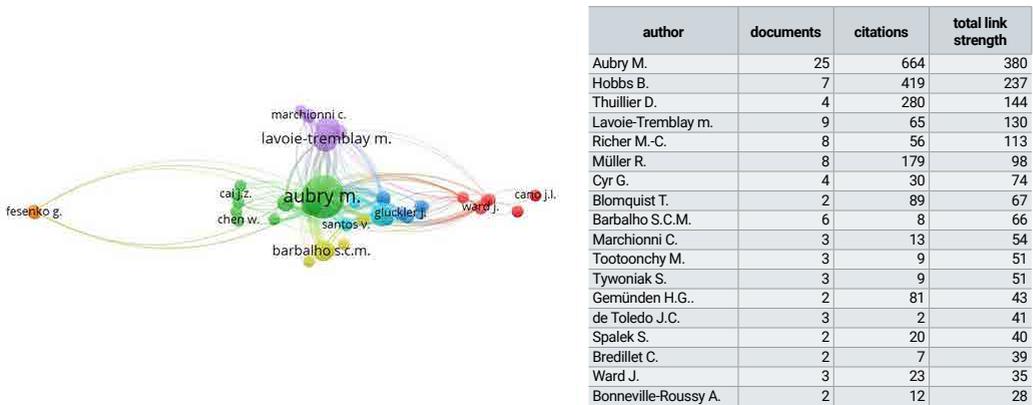


Fig. 5: Bibliometric map of key authors on the research about the PMOs and their relation with project management – Scopus.

Source: *The author with information from Scopus (2020).*

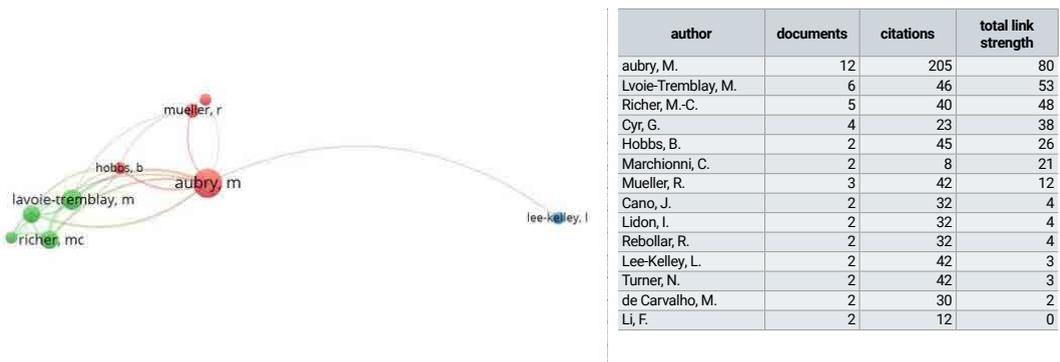


Fig. 6: Bibliometric map of key authors on the research about the PMOs and their relation with project management – WOS.

Source: *The author with information from WOS (2020).*

4.1.4 Bibliometric analysis of most influencing sources on the research about the PMOs and their relation with project management

As most influencing sources about the PMOs and project management are shown on Scopus, the following can be seen: (a.) The International Journal of Project Management, (b.) The Project Management Journal,

(c.) The International Journal of Managing Projects, (d.) Gestao e producao, and (e.) Producao, as can be seen on figure 7.

Regarding to WOS, the sources with higher link strength are: (a.) The Project Management Journal, (b.) The International Journal of Project Management, (c.) The International Journal of Information Technology, (d.) The International Journal of Managing Projects, and (e.) The South African Journal of Industrial Engineering (refer to figure 8).

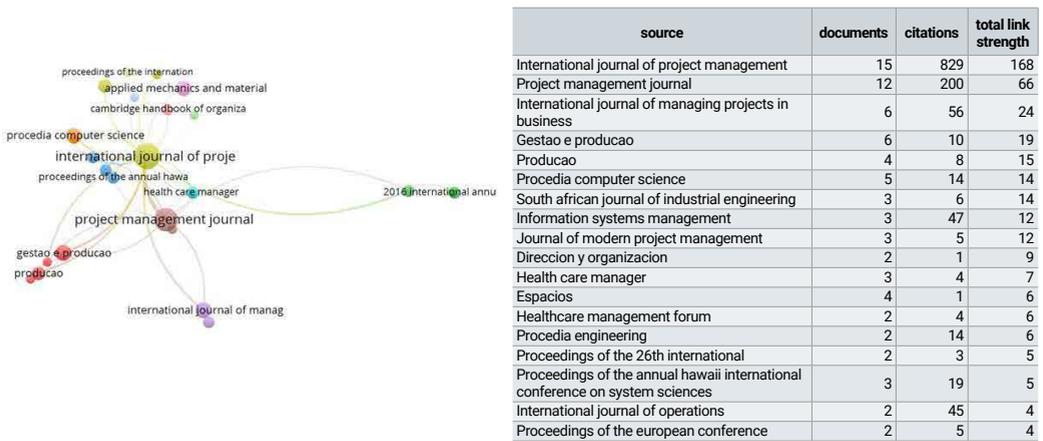


Fig. 7: Bibliometric map of most influencing sources on the research about the PMOs and their relation with project management – Scopus.

Source: The author with information from Scopus (2020).

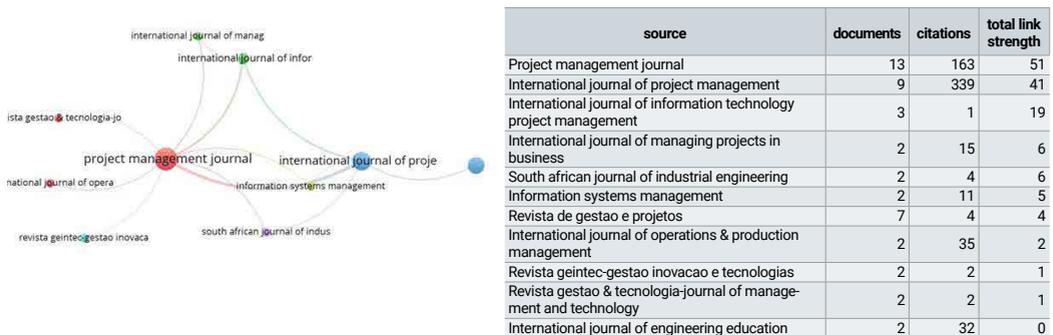


Fig. 8: Bibliometric map of most influencing sources on the research about the PMOs and their relation with project management – WOS.

Source: The author with information from WOS (2020).

4.1.5. Bibliometric analysis of publications by subgroup on the research about the PMOs and their relation with project management

In Scopus, the major subgroups of research about the relation between PMOs and project management are: (a.) business, management and accounting; (b.) engineering; (c.) computer science; (d.) decision science and (e.) social science as shown on figure 9.

According to WOS, the most influencing subgroups about PMOs and the relationship with project management are: (a.) management, (b.) business, (c.) industrial engineering, (d.) computer science information systems, and (e.) economics, as illustrated on figure 10.

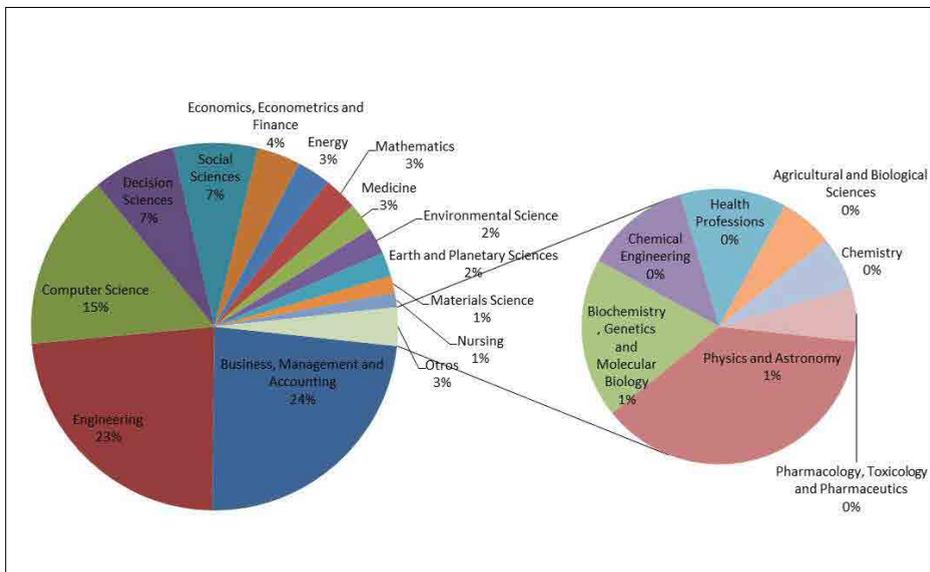


Fig. 9: Publications by subgroup on the research about the PMOs and their relation with project management – Scopus.

Source: The author with information from Scopus (2020).

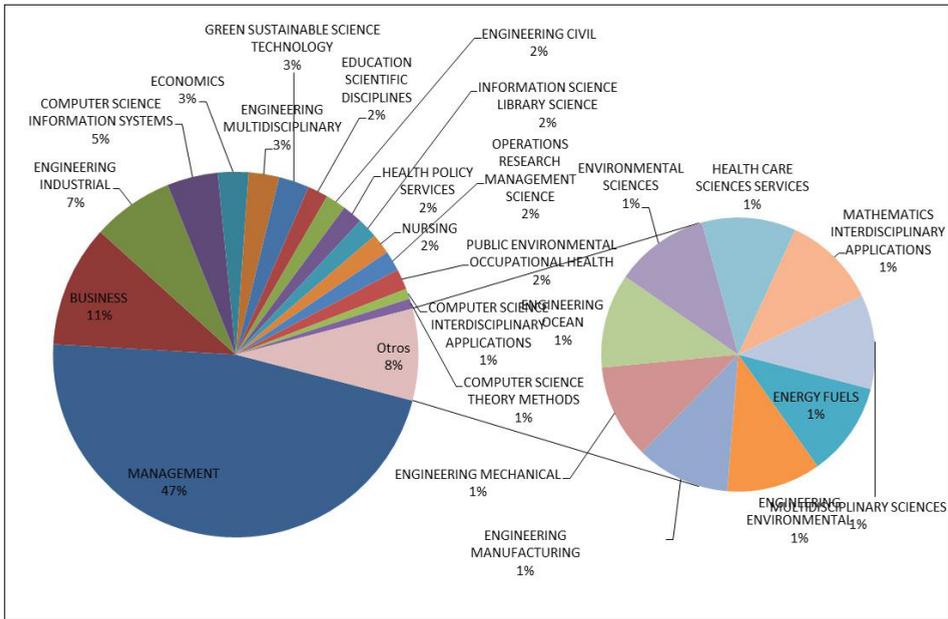


Fig. 10: Publications by subgroup on the research about the PMOs and their relation with project management – WOS.

Source: The author with information from WOS (2020).

4.1.5 Bibliometric analysis of publications by country about the PMOs and their relation with project management

Related to the countries of origin of the researches about the relationship of PMOs and project management, Scopus illustrates the following as those with the larger number of studies: (a.) Canada, (b.) United States of America, (c.) Sweden, (d.) Norway, and (e.) Germany, as shown on figure 11.

In the case of WOS, the countries with stronger links about publications of PMOs and project management are: (a.) Canada, (b.) Australia, (c.) Germany, (d.) Finland, and (e.) Brazil, as illustrated on figure 12.

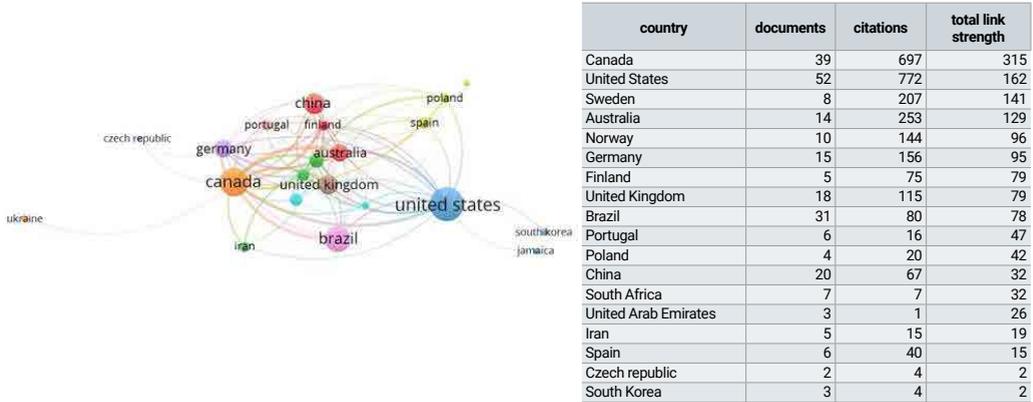


Fig. 11: Bibliometric map of publications by country about the PMOs and their relation with project management – Scopus.

Source: The author with information from Scopus (2020).

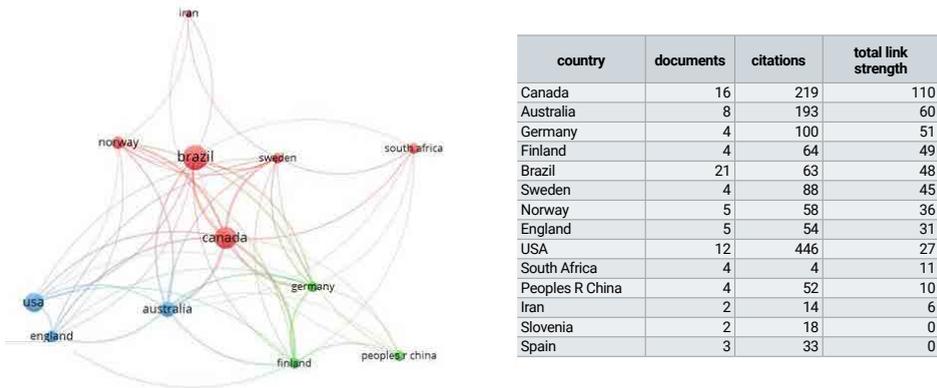


Fig. 12: Bibliometric map of publications by country about the PMOs and their relation with project management – WOS.

Source: The author with information from WOS (2020).

4.1.6 Bibliometric analysis of publications by organization about the PMOs and their relation with project management

About the organizations or institutions leading the research of PMOs and their relationship with project management, Scopus highlighted the following as shown in figure 13: (a.) University of Lisbon, (b.) Queensland University of Technology, (c.) University of Minho, (d.) McGill University, and (e.) University of Ottawa.

Related to this matter, WOS states as main organizations funding this kind of research the following as seen on figure 14: (a.) University of Quebec, (b.) McGill University, (c.) Queensland University of Technology, (d.) University of Sao Paulo, and (e.) Cranfield University.



Fig. 13: Bibliometric map of publications by organization about the PMOs and their relation with project management – Scopus.

Source: The author with information from Scopus (2020).

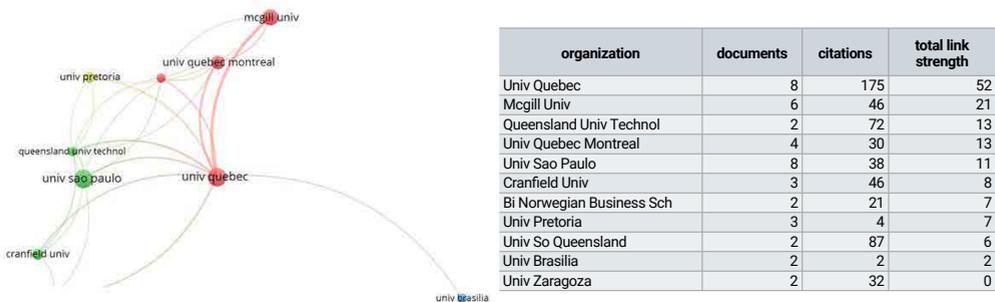


Fig. 14: Bibliometric map of publications by organization about the PMOs and their relation with project management – WOS.

Source: The author with information from WOS (2020).

4.2 Scientometric analysis of PMOs and their relation with the management of programs

Only 4.37% of the literature available on Scopus and WOS about PMOs is related to the program management element of the PPPM. This fact represents a promising line of research to contribute to the development of this scientific field.

4.2.1 Bibliometric analysis of publications about PMOs and their relation with program management

Since 2007, there had been publications contributing to the study of the relationship of PMOs and their relationship with program management. Ups and downs crosswise the years can be seen on this filed of research, with its pick in 2014, as shown on figure 15.

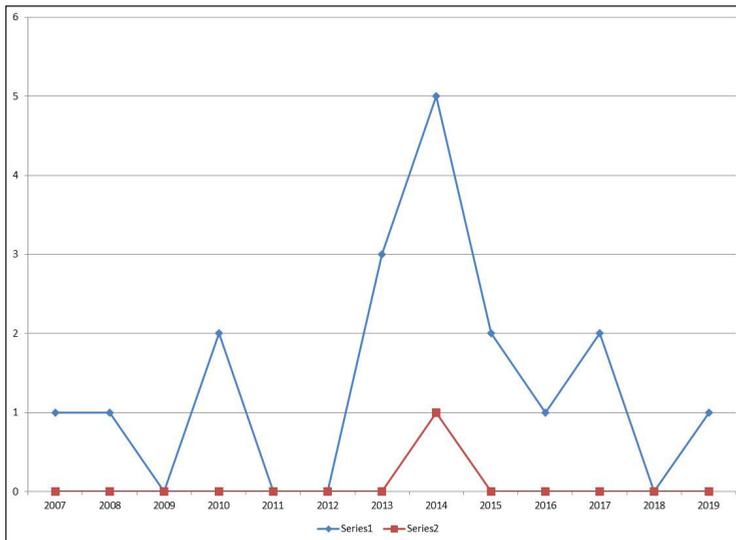


Fig. 15: Scientific publications about the relation between PMOs and program management – Scopus and WOS (2007 – 2019).

Source: The author with information from Scopus (2020) and WOS (2020).

4.2.2 Bibliometric analysis of main topics of research about the PMOs and their relation with program management

About the main topics of research on the relationship between PMOs and program management, Scopus highlighted, as referred

to figure 16, the following: (a.) project management, (b.) PMOs, (c.) program management, (d.) multi-project management, and (e.) financial data processing.

On WOS, this analysis reflected on figure 17 the following topics of research: (a.) business value, (b.) corporate governance, (c.) enterprise project management, (d.) impact, and (e.) knowledge.

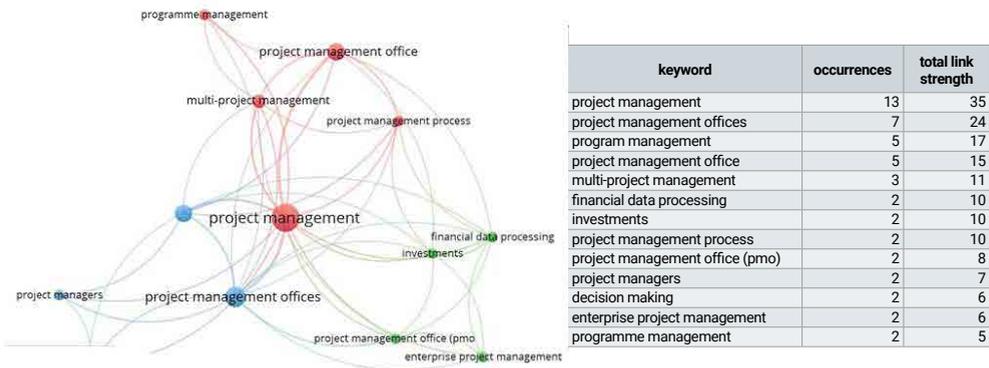


Fig. 16: Bibliometric map of main topics of research about the PMOs and their relation with program management – Scopus.
 Source: The author with information from Scopus (2020).

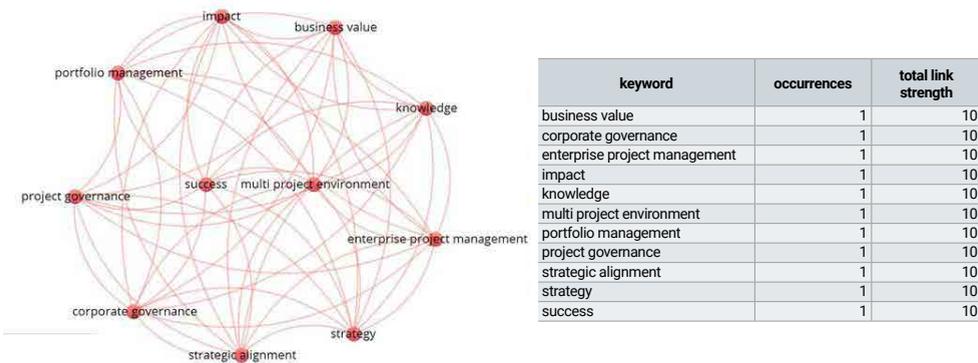


Fig. 17: Bibliometric map of main topics of research about the PMOs and their relation with program management – WOS.
 Source: The author with information from WOS (2020).

4.2.3 Bibliometric analysis of key authors on the research about the PMOs and their relation with program management

Regarding to authors with larger numbers of quotes and references, Scopus highlighted the following: (a.) Aubry, M., (b.) Hobbs, B., (c.) Muller, R., (d.) Turner, J., and (e.) Thuller, D., as illustrated on figure 18.

Main authors on WOS are: (a.) Turner, J., (b.) Miller, R., (c.) Office of Government Commerce, (d.) APM, and (e.) Crawford, L., as shown on figure 19.

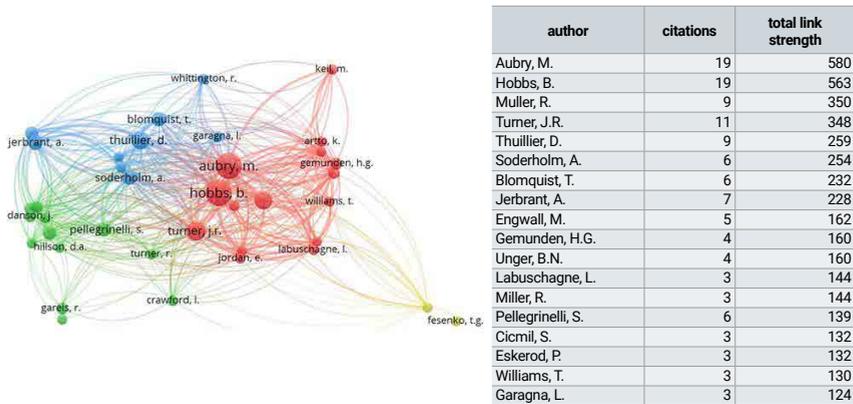


Fig. 18: Bibliometric map of key authors on the research about the PMOs and their relation with program management – Scopus.

Source: The author with information from Scopus (2020).

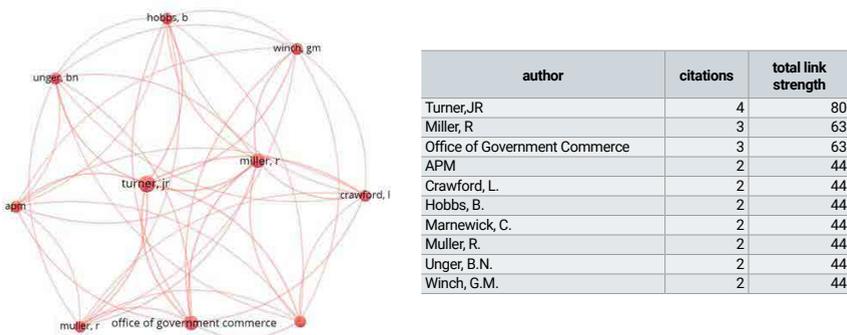


Fig. 19: Bibliometric map of key authors on the research about the PMOs and their relation with program management – WOS.

Source: The author with information from WOS (2020).

4.2.4 Bibliometric analysis of most influencing sources on the research about the PMOs and their relation with program management

On most influencing sources about the PMOs and program management on Scopus, the following can be seen: (a.) 2008 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCOM 2008, (b.) 2016 International Annual Conference of the American Society for Engineering Management, ASEM 2016, (c.) 2010 IEEE Andescon Conference, (d.) Applied Mechanics and Material, and (e.) Eastern-European Journal of Enterprise, as can be seen on figure 20.

Regarding to WOS, the sources with higher link strength are: (a.) The International Journal of Project Management, and (b.) The Project Management Journal, (refer to figure 21).

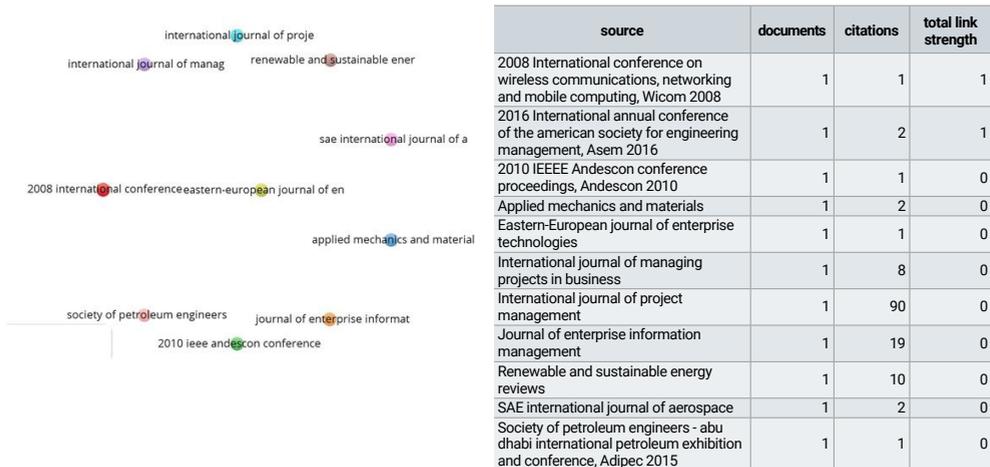


Fig. 20: Bibliometric map of most influencing sources on the research about the PMOs and their relation with program management – Scopus.

Source: The author with information from Scopus (2020).

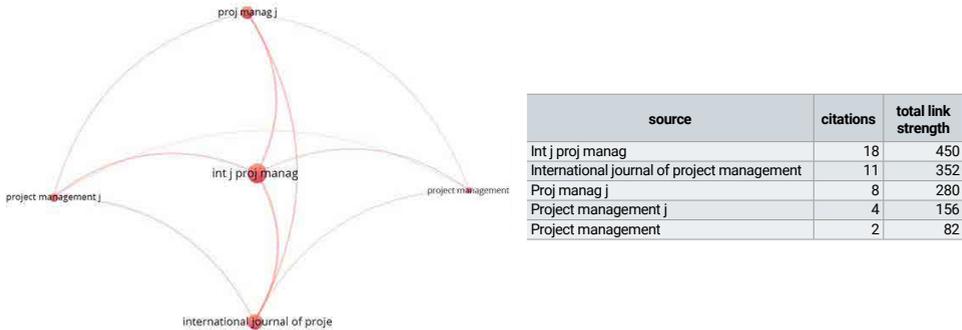


Fig. 21: Bibliometric map of most influencing sources on the research about the PMOs and their relation with program management – WOS.

Source: The author with information from WOS (2020).

4.2.5 Bibliometric analysis of publications by subgroup on the research about the PMOs and their relation with program management

In Scopus, the major subgroups of research about the relationship between PMOs and program management are: (a.) engineering; (b.) business, management and accounting; (c.) computer science; (d.) decision science; and (e.) energy; as shown on figure 22.

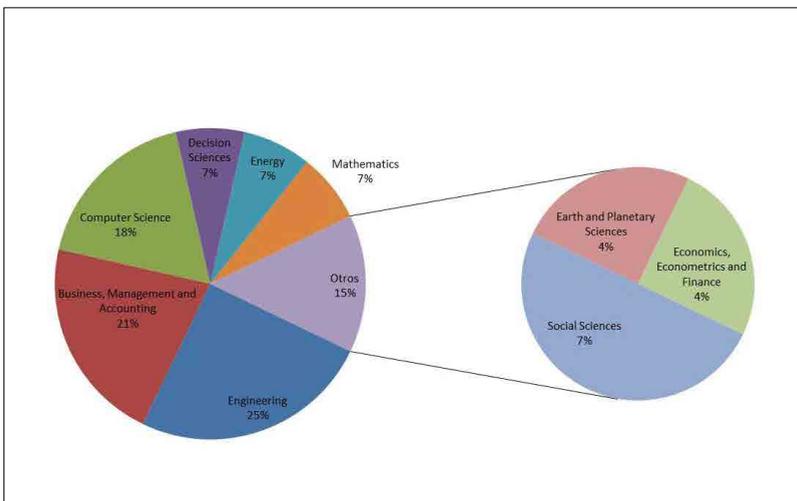


Fig. 22: Publications by subgroup on the research about the PMOs and their relation with program management – Scopus.

Source: The author with information from Scopus (2020).

4.2.6 Bibliometric analysis of publications by country about the PMOs and their relation with program management

Related to the countries of origin of the researches about the relationship of PMOs and program management, Scopus illustrates the following as those with the larger number of studies: (a.) China, (b.) United Kingdom, (c.) Australia, (d.) Ecuador, and (e.) Spain, as shown on figure 23.

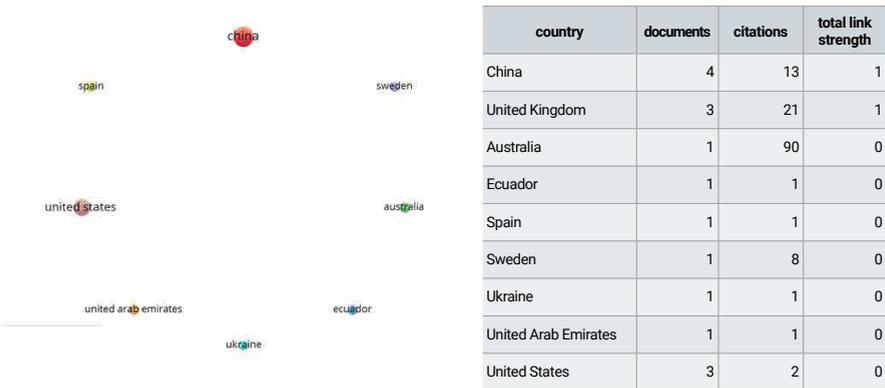


Fig. 23: Bibliometric map of publications by country about the PMOs and their relation with program management – Scopus.

Source: The author with information from Scopus (2020).

4.2.7 Bibliometric analysis of publications by organization about the PMOs and their relation with program management

About the organizations or institutions leading the research of PMOs and their relationship with program management, Scopus highlighted the following as shown in figure 24: (a.) Imperial College of London, (b.) Xiamen University, (c.) College of Civil Engineering and Architecture, (d.) Huaqiao University, and (e.) Cranfield School of Management.



organization	documents	citations	total link strength
Imperial college London, United Kingdom	1	2	2
Department of management, Xiamen University of Technology, Xiamen, China	1	1	1
School of management, Xiamen University, Xiamen, China	1	1	1
College of civil engineering and architecture, Zhejiang University, yuhangtang road 866#, Hangzhou 310058, China	1	10	0
College of civil engineering, Huaqiao University, 361021, Xiamen Fujian, China	1	2	0
Cranfield school of management, Dedford, United Kingdom	1	19	0
Department of engineering and architecture, Luhansk National Agrarian University, alchevskykh str., 44, Kharkiv, 61002, Ukraine	1	1	0
Department of history and cultural studies, o. m. Beketov National University of urban economy in Kharkiv, marshala bazhanova str., 17, Kharkiv, 61002, Ukraine	1	1	0
Dpto. lenguajes y sistemas informáticos e ing. software, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain	1	1	0
Industrial management, The royal institute of technology, Stockholm, Sweden	1	8	0
International institute of education, Zhejiang water conservancy and hydropower college, Hangzhou 310018, China	1	10	0
Mosaic project services pty ltd, Australia	1	90	0
Plex systems inc, United States	1	2	0
Uhe Open University business school, Milton Keynes, United Kingdom	1	19	0
University of Southern Queensland, Australia	1	90	0
Upsi-investigaciones tecnológicas, Universidad técnica particular de Loja, Loja, Ecuador	1	1	0
Zadco petroleum co., United Arab Emirates	1	1	0
Zhejiang provincial hydropower management center, Hangzhou 310009, China	1	10	0

Fig. 24: Bibliometric map of publications by organization about the PMOs and their relation with program management – Scopus.

Source: *The author with information from Scopus (2020).*

4.3 Scientometric analysis of PMOs and their relation with the management of portfolios

10.59% of the scientific literature about PMOs and their relation with PPPM found in Scopus and WOS is related to the portfolio management component. This figure indicates a favorable contribution space related to the development of this scientific field.

4.3.1 Bibliometric analysis of publications about PMOs and their relation with portfolio management

Since 2006, there had been studies about the relation between the PMOs and portfolio management, ups and downs can be seen across the years whit peaks in 2015 and 2018 as showed on figure 25.

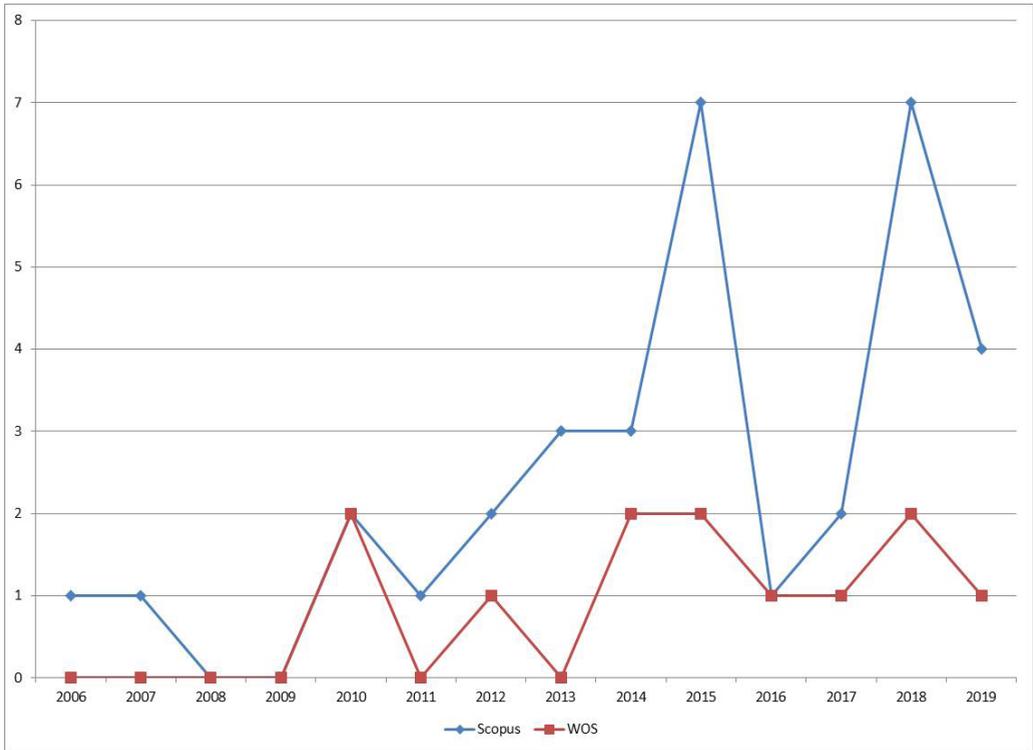


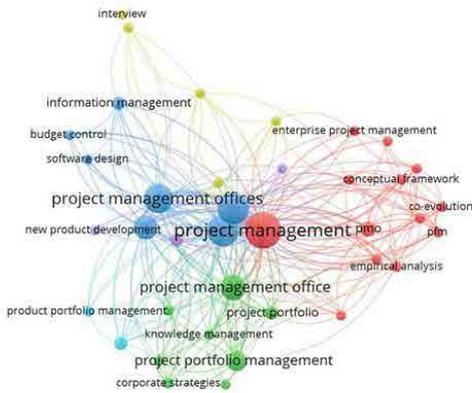
Fig. 25: Scientific publications about the relationship between PMOs and portfolio management – Scopus and WOS (2006 – 2019).

Source: *The author with information from Scopus (2020) and WOS (2020).*

4.3.2 *Bibliometric analysis of main topics of research about the PMOs and their relation with portfolio management*

In accordance with the topics with higher numbers of researches about the relationship between PMOs and portfolio management in Scopus, figure 26 highlights: (a.) project management, (b.) PMOs, (c.) portfolio management, (d.) project portfolio management, and (e.) empirical analysis.

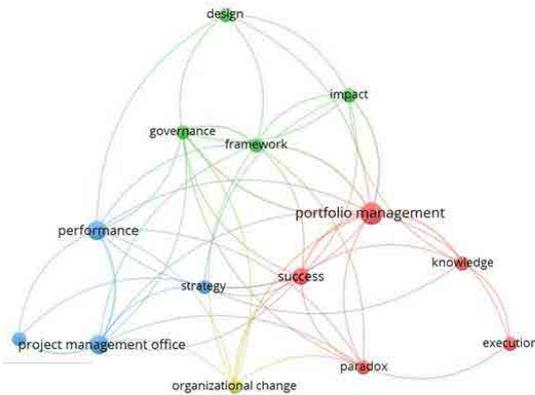
In the same way, WOS highlights the following topics of research (refer to figure 27): (a.) portfolio management, (b.) PMOs, (c.) framework, (d.) governance, and (e.) performance.



keyword	occurrences	total link strength
project management	23	134
financial data processing	17	119
investments	17	119
project management offices	15	90
portfolio managements	10	71
project management office	11	48
project portfolio management	7	38
pmo	4	28
project portfolio	3	27
empirical analysis	2	20
information management	3	20
organizational framework	2	20
sustainable development	3	20
portfolio management	3	19
research	2	18
co-evolution	2	17
corporate strategies	2	17
eigen behavior	2	17

Fig. 26: Bibliometric map of main topics of research about the PMOs and their relation with portfolio management – Scopus.

Source: The author with information from Scopus (2020).



keyword	occurrences	total link strength
portfolio management	5	18
project management office	4	12
framework	2	11
governance	2	11
performance	4	11
success	3	11
impact	2	8
organizational change	2	8
paradox	2	8
knowledge	2	6
strategy	2	6
design	2	5
project management	2	4
execution	2	3

Fig. 27: Bibliometric map of main topics of research about the PMOs and their relation with portfolio management – WOS.

Source: The author with information from WOS (2020).

4.3.3 Bibliometric analysis of key authors on the research about the PMOs and their relation with portfolio management

Regarding to authors with larger numbers of quotes and references, Scopus highlighted the following: (a.) Gemünden, H., (b.) Tootoonchy, M., (c.) Tywoniak, S., (d.) Bredillet, C., and (e.) Jugend, D., as illustrated on figure 28.

Main authors on WOS are: (a.) Aubry, M., (b.) Gemünden, H., (c.) Unger, B., (d.) Bredillet, C., and (e.) Tootoonchy, M., as showed on figure 29.



Fig. 28: Bibliometric map of key authors on the research about the PMOs and their relation with portfolio management – Scopus.

Source: The author with information from Scopus (2020).

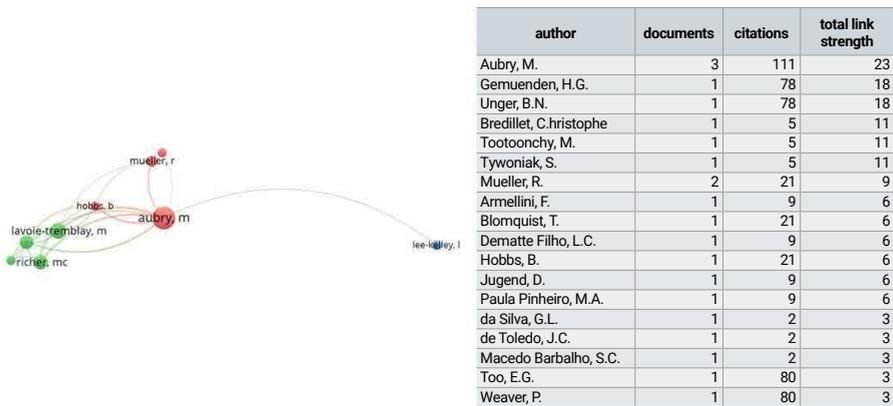


Fig. 29: Bibliometric map of key authors on the research about the PMOs and their relation wi5th portfolio management – WOS.

Source: The author with information from WOS (2020).

4.3.4 Bibliometric analysis of most influencing sources on the research about the PMOs and their relation with portfolio management

On the most influencing sources about the PMOs and portfolio management on Scopus, the following can be seen: (a.) The International Journal of Project Management, (b.) Producao, (c.) South African Journal of Economic, (d.) Dirección y Organización, and (e.) Iamot, as depicted in figure 30.

Regarding to WOS, the sources with higher link strength are: (a.) The International Journal of Project Management, (b.) The Project Management Journal, (c.) Journal of Cleaner Production, (d.) Dirección y Organización, and (e.) Dyna (refer to figure 31).

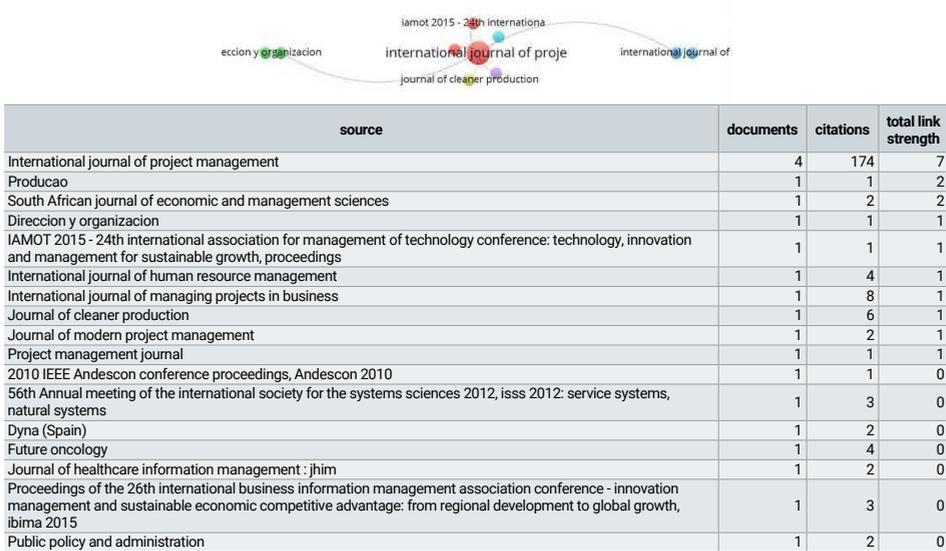


Fig. 30: Bibliometric map of most influencing sources on the research about the PMOs and their relation with portfolio management – Scopus.

Source: The author with information from Scopus (2020).

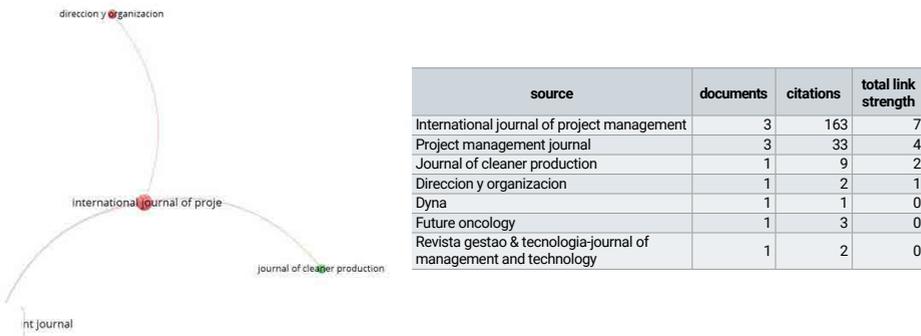


Fig. 31: Bibliometric map of most influencing sources on the research about the PMOs and their relation with portfolio management – WOS.

Source: The author with information from WOS (2020).

4.3.5 Bibliometric analysis of publications by subgroup on the research about the PMOs and their relation with portfolio management

In Scopus, the major subgroups of research about the relation between PMOs and portfolio management are: (a.) business, management and accounting; (b.) engineering; (c.) computer science; (d.) social science; and (e.) decision science; as shown on figure 32.

According to WOS, the most influencing subgroups about PMOs and the relationship with portfolio management are: (a.) management, (b.) economics, (c.) engineering environmental, (d.) engineering multi-disciplinary, and (e.) green sustainable science technology, as illustrated on figure 33.

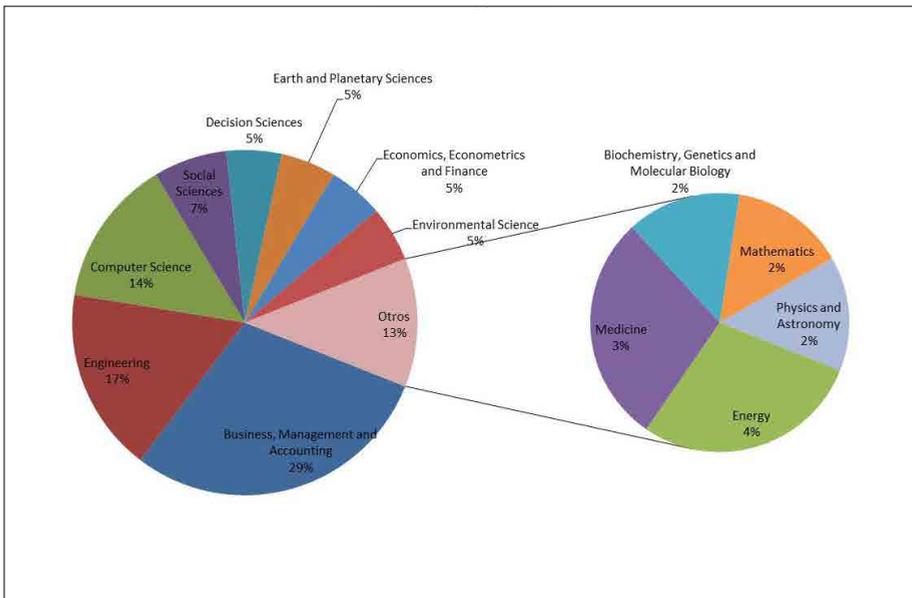


Fig. 32: Publications by subgroup on the research about the PMOs and their relation with portfolio management – Scopus.

Source: The author with information from Scopus (2020).

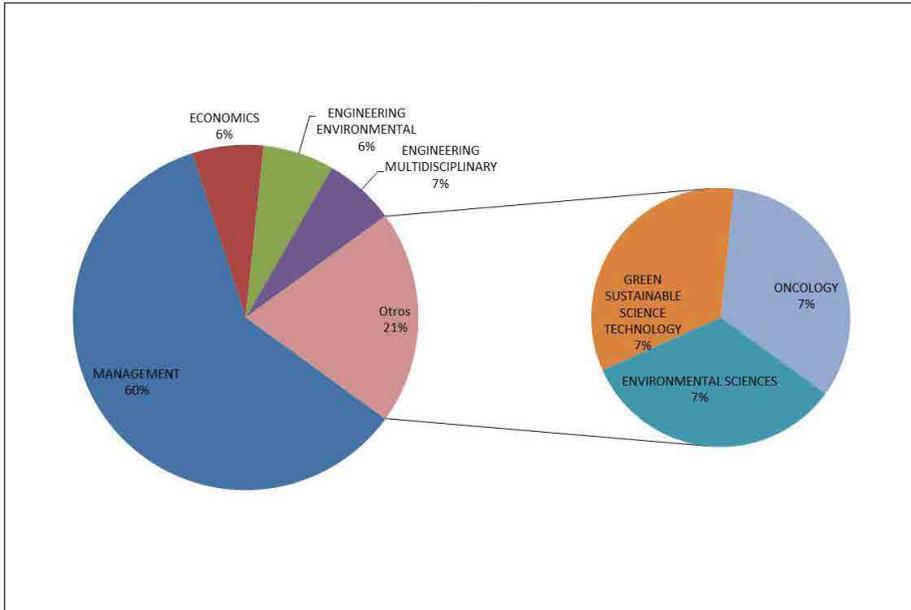


Fig. 33: Publications by subgroup on the research about the PMOs and their relation with portfolio management – WOS.

Source: The author with information from WOS (2020).

4.3.6 Bibliometric analysis of publications by country about the PMOs and their relation with portfolio management

Related to the countries of origin of the researches about the relationship of PMOs and portfolio management, Scopus illustrates the following as those with the larger number of studies: (a.) Canada, (b.) Germany, (c.) Australia, (d.) Brazil, and (e.) Norway, as shown on figure 34.

In the case of WOS, the countries with stronger links about publications of PMOs and portfolio management are: (a.) Canada, (b.) Australia, (c.) Brazil, (d.) Norway, and (e.) Sweden, as illustrated on figure 35.



Fig. 34: Bibliometric map of publications by country about the PMOs and their relation with portfolio management – Scopus.

Source: The author with information from Scopus (2020).

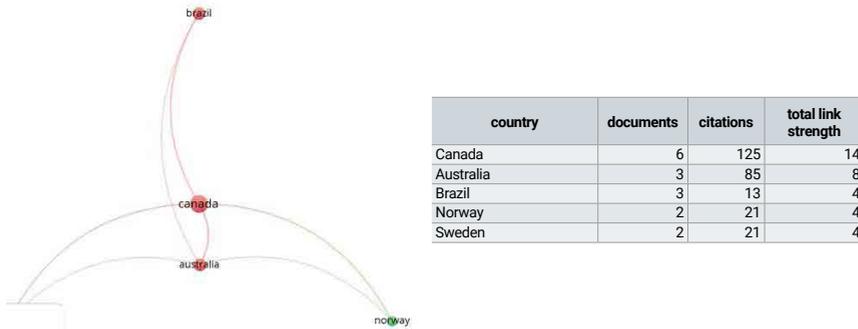


Fig. 35: Bibliometric map of publications by country about the PMOs and their relation with portfolio management – WOS.

Source: The author with information from WOS (2020).

4.3.7 Bibliometric analysis of publications by organization about the PMOs and their relation with portfolio management

About the organizations or institutions leading the research of PMOs and their relation whit portfolio management, Scopus highlighted the following as showed in figure 36: (a.) University of Ottawa, (b.) University of Quebec, (c.) Queensland University of Technology, and (d.) Norwegian Business School.

Related to this matter, WOS states as main organizations funding this kind of research the following as seen on figure 37: (a.) University of Quebec, (b.) Tech University of Berlin, (c.) Queensland University of Technology, (d.) University of Ottawa, and (e.) Norwegian School of Management.

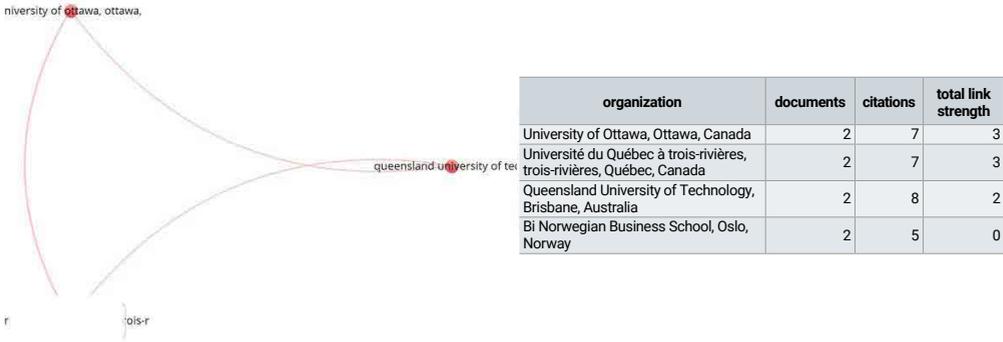


Fig. 36: Bibliometric map of publications by organization about the PMOs and their relation with portfolio management – Scopus.
Source: The author with information from Scopus (2020).

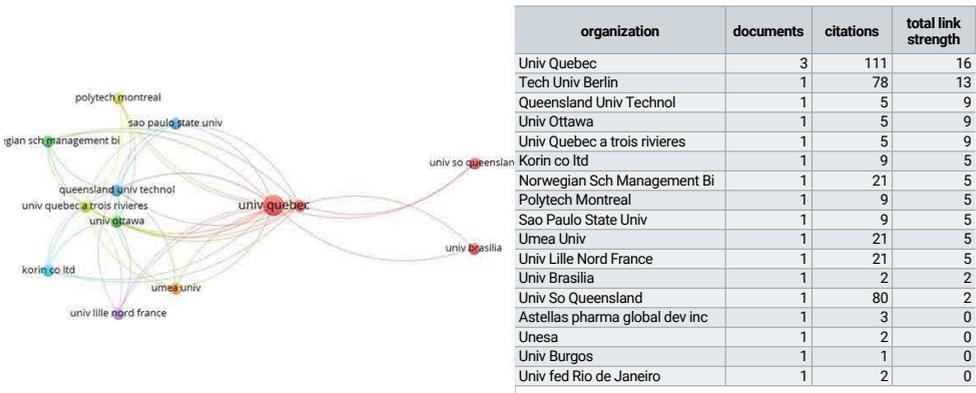


Fig. 37: Bibliometric map of publications by organization about the PMOs and their relation with portfolio management – WOS.
Source: The author with information from WOS (2020).

5. DISCUSSIONS

The theoretical framework identified the main concepts related to the PMOs in the context of PPPM. Those elements were incorporated into the research methodology.

The research methodology allowed to identify the quest, identification and depuration elements needed, also the use of scientific scoring

and analysis tools required, same as the bibliometric software to conduct a detailed scientometric analysis about the PMOs in the context of PPPM.

Detailed bibliometric analysis were carried out, identifying the proliferation of publications related to the PMOs and their relation with the PPPM. The most researched topics, key authors, principal sources, main subgroups, countries of origin, and leading organizations about the research of PMOs and their relation with the elements on the PPPM were identified (refer to scientometric analyses on table 1 for project management, table 2 for program management, and table 3 for portfolio management).

Table 1. Summary of the scientometric analysis of PMOs in the context of project management

Main topics of investigation	Key authors	Principal sources
Project management, PMOs, information management, investments, knowledge management, performance, impact and success.	Aubry, M., Hobbs, B., Thuller, D., Lavoie-Tremblay, M. Richer, M., and Cry, G.	The International Journal of Project Management, The Project Management Journal, The International Journal of Managing Projects, Gestao e producao, Producao, The International Journal of Information Technology, and The South African Journal of Industrial Engineering.
Subgroups of investigation	Countries	Institutions
Business, management and accounting; engineering; computer science; decision science; social science; industrial engineering; and economics.	Canada, United States of America, Sweden, Norway, Germany, Australia, Finland, and Brazil.	University of Lisbon, Queensland University of Technology, University of Minho, McGill University, University of Ottawa, University of Quebec, University of Sao Paulo, and Cranfield University.
Main publication		
Aubry (2011 a), Aubry (2011 b), Aubry (2012), Aubry & Brunet (2016), Aubry & Hobbs (2011), Aubry, Hobbs & Thuillier (2007), Aubry, Hobbs & Thuillier (2008), Aubry & Lavoie-Tremblay (2017), Aubry & Lavoie-Tremblay (2018), Aubry, Müller, Hobbs & Blomquist (2010), Aubry, Müller & Glückler (2011), Aubry, Richer & Lavoie-Tremblay (2014), Aubry, Richer, Lavoie-Tremblay & Cyr (2011), Hobbs, Aubry & Thuillier (2008), Lavoie-Tremblay, Aubry, Cyr, Richer, Fortin-Verreault, Fortin & Marchionni (2017), Lavoie-Tremblay, Aubry, Richer & Cyr (2018), Lavoie-Tremblay, Bonneville-Roussy, Richer, Aubry, Vezina & Deme (2012), Lavoie-Tremblay, Richer, Marchionni, Cyr, Biron, Aubry, M., ... Vézina (2012), Müller, Glückler & Aubry (2013), Mueller, Glueckler, Aubry, Shao, Müller, Glückler, J., ... Shao (2013), and Richer, Marchionni, Lavoie-Tremblay & Aubry (2013).		

Source. The author with information from Scopus (2020) and WOS (2020).

Table 2. Summary of the scientometric analysis of PMOs in the context of program management

Main topics of investigation	Key authors	Principal sources
Project management, PMOs, program management, multi-project management, financial data processing, business value, corporate governance, enterprise project management, impact, and knowledge.	Aubry, M., Hobbs, B., Muller, R., Turner, J., Thuller, D., Miller, R., Office of Government Commerce, APM, and Crawford, L.	2008 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCOM 2008, 2016 International Annual Conference of the American Society for Engineering Management, ASEM 2016, 2010 IEEE Andescon Conference, Applied Mechanics and Material, Easter-European Journal of Enterprise, The International Journal of Project Management, and The Project Management Journal.
Subgroups of investigation	Countries	Institutions
Engineering; business, management and accounting; computer science; decision science; and energy.	China, United Kingdom, Australia, Ecuador, and Spain.	Imperial College of London, Xiamen University, College of Civil Engineering and Architecture, Huaqiao University, and Cranfield School of Management.
Main publication		
Al Ahmad (2015), Carrillo, Abad, Cabrera & Jaramillo (2010), Celar (2007), Chen, Wang, He & Li (2013), Columbus (2014), Dias De Lucena, Lustosa & Hillson (2015), Fesenko & Fesenko (2017), Janka & Kosieradzka (2019), Jerbrant (2013), Müller (2017), Philbin (2016), Qi, Zhang, Wu, Chen, W & Cai (2014), Qing-Lan & Chang-Wei, (2008), Raisinghani (2014), and Too & Weaver (2014).		

Source. The author with information from Scopus (2020) and WOS (2020).

Table 3. Summary of the scientometric analysis of PMOs in the context of portfolio management

Main topics of investigation	Key authors	Principal sources
Project management, PMOs, portfolio management, project portfolio management, empirical analysis, framework, governance, and performance.	Gemünden, H., Tootoonchy, M., Tywoniak, S., Bredillet, C., Jugend, D., Aubry, M., Unger, B.	The International Journal of Project Management, Producao, South African Journal of Economic, Dirección y Organización, Iamot, The Project Management Journal, Journal of Cleaner Production, and Dyna.

Subgroups of investigation	Countries	Institutions
Business, management and accounting; engineering; computer science; social science; decision science; economics; engineering environmental; engineering multidisciplinary; and green sustainable science technology.	Canada, Germany, Australia, Brazil, Norway, and Sweden.	University of Ottawa, University of Quebec, Queensland University of Technology, Norwegian Business School, Tech University of Berlin, and Norwegian School of Management.
Main publication		
Aubry (2015), Aubry, Hobbs, Mueller & Blomquist (2010), Bredillet, Tywoniak & Tootoonchy (2018 a), Bredillet, Tywoniak & Tootoonchy (2018 b), Ekrot, Rank, Kock & Gemünden (2018), Jugend, Barbalho & da Silva (2015), Paula Pinheiro, Jugend, Demattê Filho & Armellini (2018), Tywoniak, Tootoonchy & Bredillet (2015), and Unger, Gemünden & Aubry (2012).		

Source. The author with information from Scopus (2020) and WOS (2020).

In order to integrate the elements identified on the bibliometric analyses on this research in a coherent model, The Organizational Project Management Maturity Model OPM3 (PMI, 2013 a, p. 23) incorporated the PMOs as a driver to improve PPPM within organizations, by deploying four key elements: (a.) standardization, (b.) measurement, (c.) control, and (d.) improvement. Those elements were latter linked with the processes groups of project (PMI, 2017 a), program (PMI, 2017 c) and portfolio (PMI, 2017 b) management.

Later, the findings of Hill (2013) and Kerzner (2013), highlighted that the PMOs provide services oriented to the continuous improvement of projects, programs and portfolios; standardization by developing methodologies and frameworks; tracking and monitoring of project, program and portfolio performance. All these elements were incorporated into a contribution model of the PMOs to the PPPM (Rincón-González (2018 C), refer to figure 38.

A scientometric summary of the relationship between PMOs, integrating standardization, measurement, control and improvement functions deployed by this kind of structures, and the project, program, and portfolio components of the PPPM, is shown in figure 39.

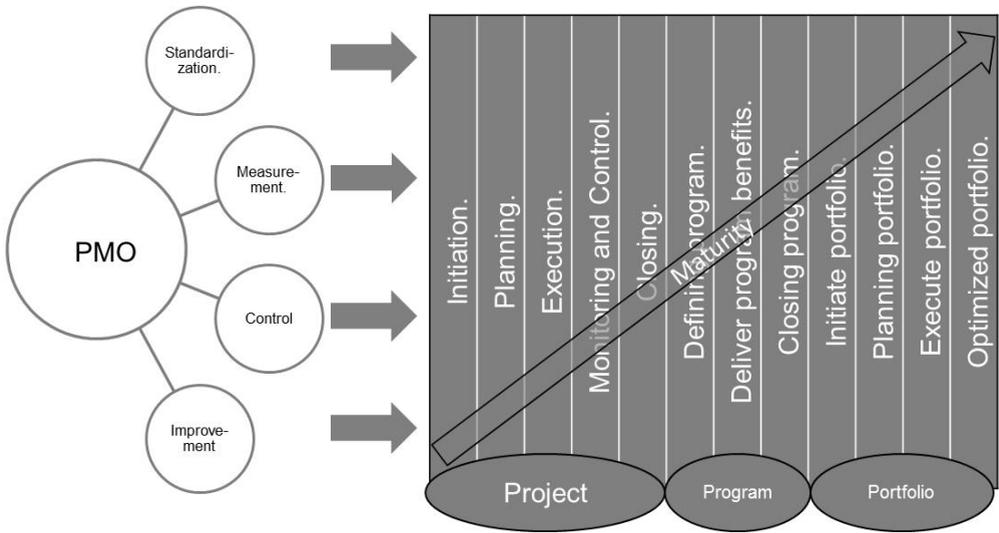


Fig. 38: Contribution of the PMOs to the PPPM.
 Source. The author and Rincón-González (2018 c) with
 PMI (2013, 2017 a, 2017 b, 2017 c).

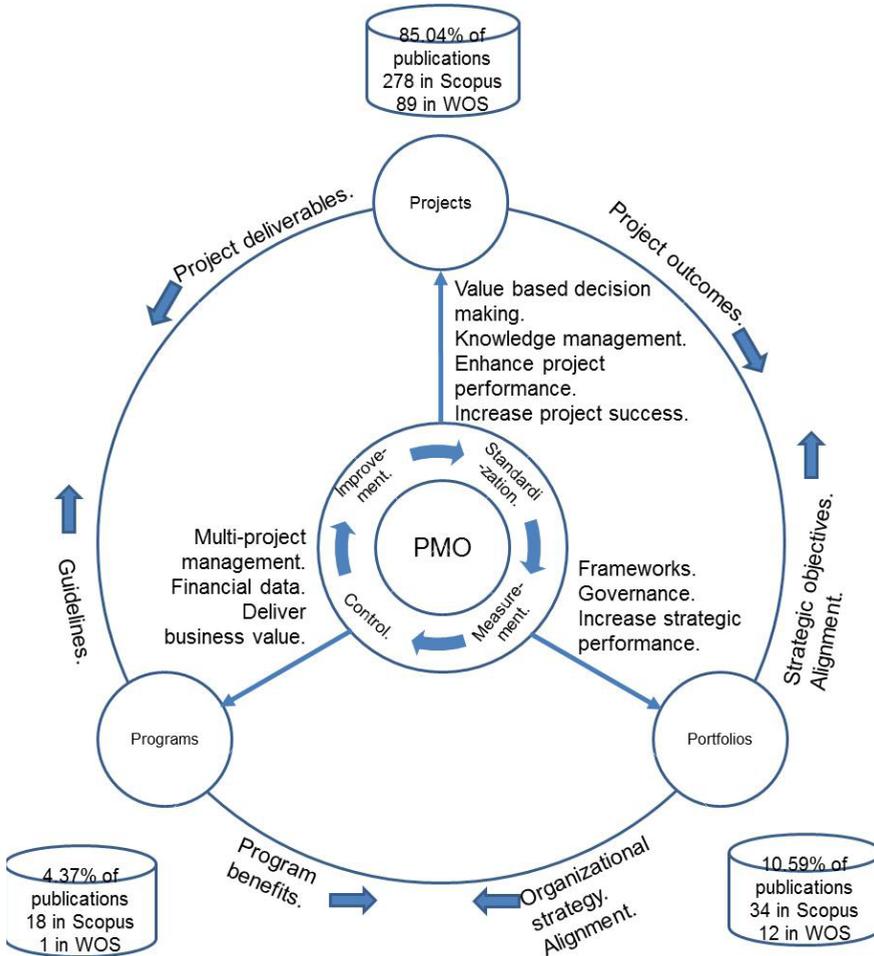


Fig. 39: Summary of the scientometric analysis of PMOs in the context of PPPM.

Source. The author with Rincón-González (2018 c).

6. CONCLUSIONS.

The meticulous bibliometric analysis about the relation between the PMOs as organizational structures within the elements of PPPM; projects, programs and portfolios, as organizational endeavors to generate project outcomes, add value and reach strategic goal, and also established a precise state of the art about a fundamental component of the scientific discipline of project management.

The contribution of PMOs to the PPPM, from a theoretical point of view, was established identifying a positive effect of this kind of structures on the management of projects, adding value oriented decision making capabilities, managing knowledge across the organization, enabling performance improvement, and facilitating project success; programs allowing multi-project management, capturing program financial data, and assuring business value; and portfolios, portfolio management frameworks, governance guidelines, and supporting organizational strategic performance.

As future lines of research, it was proposed to develop applied studies to determinate the impact of PMOs on the elements of PPPM in enterprise contexts.

7. REFERENCES

- Acosta, A, Rincón-González, C. H., Nieto, L., Rodríguez, Á., Romero, F. & Fajardo, J. (2019). “Propuesta para la creación de una oficina de gestión de proyectos (PMO) en una compañía del sector downstream en Colombia” Modelos, metodologías y sistemas de gestión de proyectos. p. 156-170, ISBN 978-958-756-614-7 Ediciones EAN. Bogotá, Colombia.
- Al Ahmad, A. (2015). Project management office: The strategic trend in petroleum industry. In Society of Petroleum Engineers - Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, ADIPEC 2015. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84979900750&partnerID=40&md5=00f48b6988714bf33942acada5699ddd>
- AIPM. (2014). Professional competency Standards for Project Management - Part F - Certified Practicing Portfolio Executive (CPPE). Retrieved from <http://www.aipm.com.au>.
- Association for Project Management (APM) (2019), APM Body of Knowledge 7th edition.

- Aubry, M. (2011 a). Project management offices in transition. *Development and Learning in Organizations: An International Journal*, 25(2), 126–142. <https://doi.org/10.1108/dlo.2011.08125bad.005>
- Aubry, M. (2011 b). The social reality of organizational project management at the interface between networks and hierarchy. *International Journal of Managing Projects in Business*, 4(3), 436–457. <https://doi.org/10.1108/17538371111144166>
- Aubry, M. (2012). Exploring PMOs through community of practice theory. *Development and Learning in Organizations: An International Journal*, 26(2), 317–320. <https://doi.org/10.1108/dlo.2012.08126baa.006>
- Aubry, M. (2015). Project management office transformations: Direct and moderating effects that enhance performance and maturity. *Project Management Journal*, 46(5), 19–45. <https://doi.org/10.1002/pmj.21522>
- Aubry, M., & Brunet, M. (2016). Organizational Design in Public Administration: Categorization of Project Management Offices. *PROJECT MANAGEMENT JOURNAL*, 47(5), 107–129.
- Aubry, M., & Hobbs, B. (2011). A fresh look at the contribution of project management to organizational performance. *Project Management Journal*, 42(1), 3–16. <https://doi.org/10.1002/pmj.20213>
- Aubry, M., Hobbs, B., Mueller, R., & Blomquist, T. (2010). Identifying Forces Driving PMO Changes. *PROJECT MANAGEMENT JOURNAL*, 41(4), 30–45. <https://doi.org/10.1002/pmj.20191>
- Aubry, M., Hobbs, B., & Thuillier, D. (2007). A new framework for understanding organizational project management through the PMO. *International Journal of Project Management*, 25(4), 328–336. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2007.01.004>
- Aubry, M., Hobbs, B., & Thuillier, D. (2008). Organizational project management: An historical approach to the study of PMOs.

International Journal of Project Management, 26(1), 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2007.08.009>

Aubry, M., Hobbs, B., & Thuillier, D. (2009). The contribution of the project management office to organizational performance. *International Journal of Managing Projects in Business*, 2(1), 141–148. <https://doi.org/10.1108/17538370910930563>

Aubry, M., & Lavoie-Tremblay, M. (2017). Organizing for the management of projects: The project management office in the dynamics of organizational design. *Cambridge Handbook of Organizational Project Management*. <https://doi.org/10.1017/9781316662243.013>

Aubry, M., & Lavoie-Tremblay, M. (2018). Rethinking organizational design for managing multiple projects. *International Journal of Project Management*, 36(1), 12–26. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.05.012>

Aubry, M., Müller, R., Hobbs, B., & Blomquist, T. (2010). Project management offices in transition. *International Journal of Project Management*, 28(8), 766–778. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.05.006>

Aubry, M., Müller, R., & Glückler, J. (2011). Exploring PMOs through community of practice theory. *Project Management Journal*, 42(5), 42–56. <https://doi.org/10.1002/pmj.20259>

Aubry, M., Richer, M.-C., & Lavoie-Tremblay, M. (2014). Governance performance in complex environment: The case of a major transformation in a university hospital. *International Journal of Project Management*, 32(8), 1333–1345. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.07.008>

Aubry, M., Richer, M.-C., Lavoie-Tremblay, M., & Cyr, G. (2011). Pluralism in PMO performance: The case of a PMO dedicated to a major organizational transformation. *Project Management Journal*, 42(6), 60–77. <https://doi.org/10.1002/pmj.20269>

- Axelos. (2013). P3O®, Portafolio, Programme and Project Offices. Second Edition. The Stationery Office. United Kingdom. ISBN 9780113314225.
- Axelos. (2017). Managing Successful Projects with PRINCE2®. Sixth Edition. The Stationery Office. United Kingdom. ISBN 9780113315338.
- Bautista Lancheros, S. & Rincón-González, C. H. (2017). “Modelo de madurez de PMO en la industria de grifería en Colombia”. Investigación en Administración y su impacto en comunidades académicas internacionales – ISBN 978-958-772-874-3. Bogotá, Colombia.
- Bredillet, C., Tywoniak, S., & Tootoonchy, M. (2018 a). Exploring the dynamics of project management office and portfolio management co-evolution: A routine lens. *International Journal of Project Management*, 36(1), 27–42. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.04.017>
- Bredillet, C., Tywoniak, S., & Tootoonchy, M. (2018 b). Why and how do project management offices change? A structural analysis approach. *International Journal of Project Management*, 36(5), 744–761. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2018.04.001>
- Carrillo V, J., Abad E, M., Cabrera S, A., & Jaramillo H, D. (2010). Success factors for creating a PMO aligned with the objectives and organizational strategy. In 2010 IEEE ANDESCON Conference Proceedings, ANDESCON 2010. <https://doi.org/10.1109/ANDESCON.2010.5629937>
- Castro-Silva, Rincón-González & Diez-Silva (2020). “Sustainability on project management. An analysis of the construction industry in Colombia”. *The Handbook of Research on Project Management Strategies and Tools for Organizational Success*. Chapter 12. P. 281-304. Hershey, PA: IGI Global. ISBN-13: 9781799819349. DOI: 10.4018/978-1-7998-1934-9.

- Celar, S. (2007). Project Management Office (PMO) - From project management to Enterprise Project Management (EPM) culture. In *Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium* (pp. 135–136). Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84896283452&partnerID=40&md5=fe8d9595e1cfe1da416b8ca0152c8630>
- Chen, X., Wang, Z., He, S., & Li, F. (2013). Programme management of world bank financed small hydropower development in Zhejiang Province in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.045>
- Cifuentes, S., Buenaventura, I., Marroquín, L., Moya, S. & Rincón-González, C. H. (2021). “Modelo Integrado de Gerencia de Proyectos para la Empresa Mab Ingeniería de Valor S.A.”. Los desafíos de las nuevas economías para la investigación en Administración. ISBN 978-958-790-560-1. pp. 1582-1607. Ediciones Universidad Externado de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Columbus, L. (2014). Five Strategies for Improving Aerospace Supply Chain Quality Management and Performance. *SAE International Journal of Aerospace*, 7(1), 142–145. <https://doi.org/10.4271/2014-01-2231>
- Dias De Lucena, B. R., Lustosa, L. J., & Hillson, D. (2015). Program risk management: Making strategy possible. *Strategic Project Management: Contemporary Issues and Strategies for Developing Economies*. <https://doi.org/10.1201/b18986>
- Díaz-Piraquive, F. & Rincón-González, C. H. (2019). Building knowledge in Project Management from the perspective of collaborative learning. *Proceedings from the XXIII International Congress on Project Management and Engineering, CIDIP 2019*, ISBN-13: 978-84-09-13557-8. P. 300-308. AEIPRO IPMA. Málaga, España. <http://dspace.aeipro.com/xmlui/handle/123456789/2259>
- Dinsmore P. & Cabanis-Brewin J. (2011). *The AMA Handbook of Project Management*. Third Edition. AMA American Management Association. Amacom books. ISBN 978-0-8144-1542-9

- Ekrot, B., Rank, J., Kock, A., & Gemünden, H. G. (2018). Retaining and satisfying project managers – antecedents and outcomes of project managers perceived organizational support. *International Journal of Human Resource Management*, 29(12), 1950–1971. <https://doi.org/10.1080/09585192.2016.1255903>
- Fesenko, T., & Fesenko, G. (2017). Developing gender maturity models of project and program management system. *EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies*, 1(3–85), 46–55. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.28031>
- Gómez, D. Rojas, D. Piedrahita, G. Cortés, J. Marín, J. & Rincón-González, C. H. (2019). “Modelo Sostenible para Proyectos de Índole Socio-Ambiental, Basado en Metodologías Tradicionales y Ágiles”, *Investigación en administración y desarrollo de la MIPYME*, ISBN 978-958-790-341-6, pp. 2750 – 2781. Santa Marta, Colombia.
- Hill, G. M. (2013). *The complete Project Management Office Handbook*. CRC Press
- Hobbs, B., Aubry, M., & Thuillier, D. (2008). The project management office as an organisational innovation. *International Journal of Project Management*, 26(5), 547–555. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.05.008>
- International Organization for Standarization ISO (2012). *Norma internacional 21500 (2012). Versión 2012*. Ginebra, Suiza.
- International Project Management Association IPMA. (2015). *ICB-IPMA competence baseline version 4.0*. International Project Management Association, Nijkerk.
- Janka, T., & Kosieradzka, A. (2019). The New Approach to the Strategic Project Management in the Polish Public Administration. *Foundations of Management*, 11(1), 143–154. <https://doi.org/10.2478/fman-2019-0012>
- Jerbrant, A. (2013). Organising project-based companies: Management, control and execution of project-based industrial operations.

International Journal of Managing Projects in Business, 6(2), 365–378. <https://doi.org/10.1108/17538371311319070>

Jugend, D., Barbalho, S. C. M., & da Silva, S. L. (2015). Contributions of the project management office to product portfolio management [Contribuições do escritório de projetos à gestão do portfólio de produtos]. *Producao*, 26(1), 190–202. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.134313>

Kerzner, H. R. (2013). *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. John Wiley & Sons.

Lavoie-Tremblay, M., Aubry, M., Cyr, G., Richer, M.-C., Fortin-Verreault, J.-F., Fortin, C., & Marchionni, C. (2017). Innovation in health service management: Adoption of project management offices to support major health care transformation. *Journal of Nursing Management*, 25(8), 657–665. <https://doi.org/10.1111/jonm.12505>

Lavoie-Tremblay, M., Aubry, M., Richer, M.-C., & Cyr, G. (2018). A Health Care Project Management Office's Strategies for Continual Change and Continuous Improvement. *Health Care Manager*, 37(1), 4–10. <https://doi.org/10.1097/HCM.0000000000000185>

Lavoie-Tremblay, M., Bonneville-Roussy, A., Richer, M.-C., Aubry, M., Vezina, M., & Deme, M. (2012). Project management office in health care: A key strategy to support evidence-based practice change. *Health Care Manager*, 31(2), 154–165. <https://doi.org/10.1097/HCM.0b013e3182520676>

Lavoie-Tremblay, M., Richer, M.-C., Marchionni, C., Cyr, G., Biron, A. D., Aubry, M., ... Vézina, M. (2012). Implementation of Evidence-Based Practices in the Context of a Redevelopment Project in a Canadian Healthcare Organization. *Journal of Nursing Scholarship*, 44(4), 418–427. <https://doi.org/10.1111/j.1547-5069.2012.01480.x>

Lock D. (2013). *Project Management*. Tenth Edition. Gower.

Mejía, J. & Rincón-González, C. H. (2018). “Propuesta de implementación de una oficina de proyectos para empresas del sector de la

construcción en la ciudad de Montería (Córdoba)”, Las nuevas tecnologías y los desafíos para la administración, ISBN 978-958-790-063-7, Cali, Colombia.

Müller, R. (2017). Introduction to part II. Cambridge Handbook of Organizational Project Management. <https://doi.org/10.1017/9781316662243.009>

Müller, R., Glückler, J., & Aubry, M. (2013). A relational typology of project management offices. *Project Management Journal*, 44(1), 59–76. <https://doi.org/10.1002/pmj.21321>

Mueller, R., Glueckler, J., Aubry, M., Shao, J., Müller, R., Glückler, J., ... Shao, J. (2013). Project Management Knowledge Flows in Networks of Project Managers and Project Management Offices: A Case Study in the Pharmaceutical Industry. *Project Management Journal*, 44(2), 4–19. <https://doi.org/10.1002/pmj.21326>

Muñoz, L. Landínez, G. Ojeda, L. Quirós, J. Vera, D. & Rincón-González, C. H. (2019). “Modelo Integrado de Gerencia de Proyectos de Interventoría de Tics en el Ministerio de Educación Nacional”, Investigación en administración y desarrollo de la MIPYME, ISBN 978-958-790-341-6, p. 2468 – 2487. Santa Marta, Colombia.

Otero, J. & Rincón-González, C. H. (2020). “Determination of the minimum requirements of a projectized organization for the assembly of a project management office”. CONIITI 2020 Bogotá, Colombia, October 2020. ISBN 978-1-7281-9467-7, pp. 1-6. doi: 10.1109/CONIITI51147.2020.9240455.

Oxford. (2020 a). Oxford dictionaries. January 2020 from <https://en.oxforddictionaries.com/definition/scientometrics>.

Oxford. (2020 b). Oxford dictionaries. January 2020 from <https://en.oxforddictionaries.com/definition/bibliometrics>.

Paula Pinheiro, M. A., Jugend, D., Demattê Filho, L. C., & Armellini, F. (2018). Framework proposal for ecodesign integration on

product portfolio management. *Journal of Cleaner Production*, 185, 176–186. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.005>

Peña, L. Rincón-González, C. H., Sánchez, S. & Gavilán, J. (2018). “Metodología ágil para proyectos de emprendimiento del sector industrial de alimentos en Colombia”, *Las nuevas tecnologías y los desafíos para la administración*, ISBN 978-958-790-063-7, Cali, Colombia.

Philbin, S. P. (2016). Exploring the project management office (PMO)-role structure and processes. In 2016 International Annual Conference of the American Society for Engineering Management, ASEM 2016. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85014114685&partnerID=40&md5=5eb43e9484ea-7719da0c574ec7315b2c>

Project Management Association of Japan (PMAJ). (2017). *A guidebook of project & program management (P2M)*.

Project Management Institute (PMI). (2013). *The Organizational Project Management Maturity Model OPM3*. Pennsylvania, USA.

Project Management Institute (PMI). (2017 a). *A guide to the Project Management Body of Knowledge - PMBOK® Guide - Sixth Edition*. Pennsylvania, USA.

Project Management Institute (PMI). (2017 b). *The Standard for Portfolio Management - Forth Edition*. Pennsylvania, USA.

Project Management Institute (PMI). (2017 c). *The Standard for Program Management - Forth Edition*. Pennsylvania, USA.

Qi, S. J., Zhang, Y. B., Wu, J. J., Chen, W., & Cai, J. Z. (2014). Study on the impact of PMO for multi-project management of contracting construction enterprises- based on structural equation model. *Applied Mechanics and Materials*, 584–586, 2239–2245. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.584-586.2239>

- Qing-Lan, C., & Chang-Wei, M. (2008). Project management mechanism: Mediates the influence of business strategy on corporate performance. In 2008 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCOM 2008. <https://doi.org/10.1109/WiCom.2008.1775>
- Raisinghani, M. S. (2014). An Interview With Jonathan Overton, Director, Program Management Office, Cook Children's Health Care System, Fort Worth, Texas. *Journal of Information Technology Case and Application Research*, 16(3-4), 168-171. <https://doi.org/10.1080/15228053.2014.987615>
- Richer, M.-C., Marchionni, C., Lavoie-Tremblay, M., & Aubry, M. (2013). The project management office: Transforming healthcare in the context of a hospital redevelopment project. *Healthcare Management Forum*, 26(3), 150-156. <https://doi.org/10.1016/j.hcmf.2013.05.001>
- Rincón-González, C. H. (2014 a). 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. (2014 b). Propuesta de estudio de factibilidad con un enfoque basado en PMI e ISO: Un modelo para la evaluación de proyectos. *FACE*, 14, 91- 107. ISSN 1794-9920.
- 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.
- Rincón-González, C. H. (2016). "Análisis de la problemática de la gestión de proyectos: estudio en el contexto empresarial colombiano". *Revista Ciencias Estratégicas - ISSN 1794-834*, 24, 35, pp. 119-136.
- Rincón-González, C. H. (2017 a). 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. (2017 b). “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: 978-958-772-874-3. Bogotá, Colombia.
- Rincón-González, C. H. (2018 a). “Las oficinas de gerencia de proyectos y su relacionamiento con los stakeholders de los proyectos bajo su supervisión: un estudio en el contexto empresarial colombiano”. Tópicos gerenciales para la gestión de empresas: una mirada desde la investigación, pp. 11 – 39, ISBN 978-958-756-590-4. Ediciones EAN. Bogotá, Colombia.
- Rincón-González, C. H. (2018 b). “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, Colombia.
- Rincón-González, C. H. (2018 c). 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. (2019 a). “An analysis and integrated model for managing complex projects in Colombia”. III Congreso Internacional en Dirección y Gestión de Proyectos IIICIDGP 2019 La Universidad EAN, La Universidad Militar Nueva Granada, La Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas y El Green Project Management. Bogotá, Colombia.
- Rincón-González, C. H. (2019 b). “Stakeholder management and the impact on project performance in Colombia”. III Congreso Internacional en Dirección y Gestión de Proyectos IIICIDGP 2019 La Universidad EAN, La Universidad Militar Nueva Granada, La Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas y El Green Project Management. Bogotá, Colombia.

- Rincón-González, C. H. (2020 a). “Análisis Cientométrico de la Negociación en el Contexto de los Proyectos”. Gerencia de proyectos e interesados. ISBN 978-958-660-387-4. pp. 9-38. Editorial UPTC, Tunja, Colombia.
- Rincón-González, C. H. (2020 b). “Análisis Cientométrico de los Equipos de Trabajo en el Contexto de los Proyectos”. Gerencia de proyectos e interesados. ISBN 978-958-660-387-4. pp. 113-150. Editorial UPTC, Tunja, Colombia.
- Rincón-González, C. H. (2020 c). “Los Equipos de Trabajo y su Impacto en el Desempeño de los Proyectos en Colombia”. Gerencia de proyectos e interesados. ISBN 978-958-660-387-4, pp. 39-74. Editorial UPTC. , Tunja, Colombia.
- Rincón-González, C. H. (2020 d). “An analysis and integrated model for managing complex projects in Colombia”. La gestión de proyectos sostenibles como herramienta para el fortalecimiento de la competitividad, 2020. ISBN 978-958-756-648-2. Ediciones EAN. Bogotá, Colombia.
- Rincón-González, C. H. (2021). “Analysis of Project Management at the Caribbean Region of Colombia”. Los desafíos de las nuevas economías para la investigación en Administración. ISBN 978-958-790-560-1. pp. 1517-1537. Ediciones Universidad Externado de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Rincón-González, C. H. & Aragonés-Beltrán P. (2020). “Scientometric analysis of PMOs and the relationship with the management of projects”. La gestión de proyectos sostenibles como herramienta para el fortalecimiento de la competitividad, 2020. ISBN 978-958-756-648-2. Ediciones EAN. Bogotá, Colombia.
- Rincón-González, C. H. & Díaz-Piraquive, F. (2018). Impact analysis of the project management offices in the Colombian enterprise context. Proceedings from the 22nd International Congress on Project Management and Engineering (Madrid, July 2018). ISBN-13: 978-84-09-05132-8. pp. 279-291. AEIPRO IPMA. Madrid, España. <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/1569>

- Rincón-González, C. H. & Díaz-Piraquive, F. (2019 a). “Análisis cuantitativo de los stakeholders en la gestión de proyectos”. El talento humano como factor clave en el éxito de los proyectos. pp. 164 - 179, ISBN 978-958-756-617-8 Ediciones EAN. Bogotá, Colombia.
- Rincón-González, C. H. & Díaz-Piraquive, F. (2019 b). Análisis Bibliométrico y de Correlación de la Gestión de los Stakeholders en el desempeño de los proyectos en las Fuerzas Armadas de Colombia. DESAFÍOS EN INGENIERÍA: INVESTIGACIÓN APLICADA, EXPOTECNOLOGÍA 2019, Cartagena - Colombia. ISBN: 890-481-264-1, pp. 341-352.
- Rincón-González, C. H. & Díaz-Piraquive, F. (2019 c). Scientometric analysis of knowledge in the context of project management. Knowledge management in organizations. 14th International conference, KMO 2019 Zamora, Spain, July 2019). ISBN 978-3-030-21450-0. pp. 14-24.
- Rincón-González, C. H. & Díaz-Piraquive, F. (2019 d). Scientometric analysis of knowledge in the context of project management. Knowledge management in organizations. 14th International conference, KMO 2019 Zamora, Spain, July 2019). ISSN 1865-0929. pp. 14-24 <https://doi.org/10.1007/978-3-030-21451-7>.
- Rincón-González, C. H. & Díaz-Piraquive, F. (2020). “Impact of project management offices on knowledge management”. The Handbook of Research on Project Management Strategies and Tools for Organizational Success. Chapter 7. P. 166-195. Hershey, PA: IGI Global. ISBN-13: 9781799819349. DOI: 10.4018/978-1-7998-1934-9.
- Rincón-González, C. H., Díaz-Piraquive, F. & Castro-Silva, H. (2019). Stakeholders impact on the performance of projects in the Colombian Military Forces. Proceedings from the XXIII International Congress on Project Management and Engineering, CIDIP 2019, ISBN-13: 978-84-09-13557-8. P. 71-83. AEIPRO IPMA. Málaga, España. <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/2253>

- Rincón-González, C. H., Díaz-Piraquive, F. & Diez-Silva, M. (2019). Bibliometric and impact analysis of the Project Management Offices in Colombia. CONIITI 2019 Bogotá, Colombia, October 2019, pp. 1-6. ISBN 978-1-7281-4746-8 doi: 10.1109/CONIITI48476.2019.8960626
- Rincón-González, C. H., Díaz-Piraquive, F & González-Crespo, R. (2019). Analysis and characterization of project management in the Colombian enterprise context. CONIITI 2019 Bogotá, Colombia, October 2019. ISBN 978-1-7281-4746-8, pp. 1-6. doi: 10.1109/CONIITI48476.2019.8960696
- Rincón-González, C. H., Rueda Varón, M. & Díaz-Piraquive, F. (2019). Determination of the performance levels of project management in Colombia. Proceedings from the XXIII International Congress on Project Management and Engineering, CIDIP 2019, ISBN-13: 978-84-09-13557-8. pp. 263-275. AEIPRO IPMA. Málaga, España. <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/2391>
- Rodríguez Marrugo, Y., & Rincón-González, C. H. (2020). “Equipos de Trabajo y su Incidencia en los Programas de Pregrado de la Escuela Naval de Colombia”. Gerencia de proyectos e interesados. Editorial UPTC, ISBN 978-958-660-387-4, pp. 231-283.
- Sarmiento Rojas, J. A. & Rincón-González, C. H. (2020). Analysis Of The Impact Of The Construction Sector On The Colombian Economy. Proceedings from the XXIV International Congress on Project Management and Engineering, CIDIP 2020, ISBN- 978-84-09-21128-9, pp. 560-572. AEIPRO IPMA. Alcoí, España. <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/2451>
- Scopus, (2020). Elsevier, Retrieved from <https://www.elsevier.com/es-es/solutions/scopus>
- Too, E. G., & Weaver, P. (2014). The management of project management: A conceptual framework for project governance. *International Journal of Project Management*, 32(8), 1382–1394. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.07.006>

- Tywniak, S., Tootoonchy, M., & Bredillet, C. N. (2015). Grasping the dynamics of co-evolution between pmo and pfm: A box-changing multilevel exploratory research grounded in a routine perspective. *Journal of Modern Project Management*, 2(3), 90–107. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84951814003&partnerID=40&md5=e5ead983945a50e-cb7dfeb01d7b8a2a2>
- Unger, B. N., Gemünden, H. G., & Aubry, M. (2012). The three roles of a project portfolio management office: Their impact on portfolio management execution and success. *International Journal of Project Management*, 30(5), 608–620. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.01.015>
- Vargas, W. & Rincón-González, C. H. (2021). “Propuesta de un Modelo de Gestión de Riesgos para el Proyecto Conjunto Residencial Reina Cecilia Etapa II, en la Ciudad de Tunja”. *Los desafíos de las nuevas economías para la investigación en Administración*. ISBN 978-958-790-560-1. P. 1670-1694. Ediciones Universidad Externado de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Web of Science (WOS), (2020). Clarivate Analytics, Retrieved from <https://www.clarivate.com/products/web-of-science>

ANÁLISIS Y MODELO INTEGRADO PARA LA GESTIÓN DE PORTAFOLIOS DE PROYECTOS EN COLOMBIA

Rincón-González, César Hernando, PostDoc., Ph.D.

¹ *Facultad de Ingeniería Universidad EAN.*
cesarrincon@yahoo.com crincon2.d@universidadean.edu.co.

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación realizó un detallado análisis de la gestión de los portafolios de proyectos en el contexto organizacional colombiano. Inicialmente, un profundo análisis cuantitativo sobre la gestión de portafolios fue conducido mediante el estudio de 1149 artículos científicos en *journals* internacionales, de Project Management en Scopus y Web of Science (WOS) en el periodo 1978 – 2020. Esto determinó los temas relevantes de investigación, autores principales, fuentes con mayor impacto, subgrupos de materia, los países y organizaciones que lideran la investigación científica sobre la gestión de portafolios. En la segunda etapa, se definió un marco teórico, las variables de estudio fueron descritas e incluidas en un instrumento de recolección de información, así como en el modelo integrado para la gestión de portafolios de proyectos en el contexto organizacional colombiano. En la tercera etapa, se llevó a cabo un extenso trabajo de campo, con alcance nacional, en el cual se analizaron más de 700 organizaciones que desarrollan portafolios de proyectos en Colombia. Se realizaron entrevistas semiestructuradas con gerentes de portafolio, patrocinadores de este tipo de iniciativas y gerentes de PMO. Posteriormente, un exhaustivo análisis

estadístico determinó los niveles de utilización de los elementos de la gestión de portafolios en la información obtenida en el trabajo de campo, y determinó el nivel de desempeño de este tipo de iniciativas en el país. Finalmente, se documentaron los resultados del análisis de la gestión de portafolios en Colombia, se propuso un modelo integrado para la gestión de portafolios de proyectos, se identificaron las conclusiones del estudio y futuras líneas de investigación, se planteó el desarrollo de estudios aplicados de comparación y de correlación sobre la gestión de portafolios en otros contextos geográficos.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La fundamentación teórica del presente estudio contempla: (a.) la definición de los términos portafolio, programas y proyectos; (b.) el relacionamiento de la gestión de portafolios, programas y proyectos; (c.) la articulación entre portafolios, programas y proyectos; (d.) la asociación entre los gerentes de portafolios, programas y proyectos; (e.) la gestión de portafolios, programas y proyectos desde la complejidad de los mismos; (f.) los portafolios desde Gestión Organizacional de Proyectos; y (g.) el análisis cuantitativo de la gestión de portafolios de proyectos.

2.1 Definiciones de portafolios, programas y proyectos

El PMI define proyecto como “un esfuerzo temporal emprendido para crear un producto, servicio, o resultado único” (PMI, 2017 a, p. 4). Define programa como “un grupo de proyectos relacionados, subprogramas y actividades de programa, administradas de forma coordinada para obtener beneficios, que no estarían disponibles, si estos se administraran de forma individual” (PMI, 2017 a, p. 13). Por otra parte, un portafolio “hace referencia a proyectos, programas, subportafolios y operaciones administradas en grupo, con el fin de alcanzar objetivos estratégicos” (PMI, 2017 a, p. 13). “Los programas o proyectos de un portafolio no necesariamente deben ser interdependientes o directamente relacionados” (PMI, 2017 a, p. 15). Lo anterior se aprecia en la Figura 1.

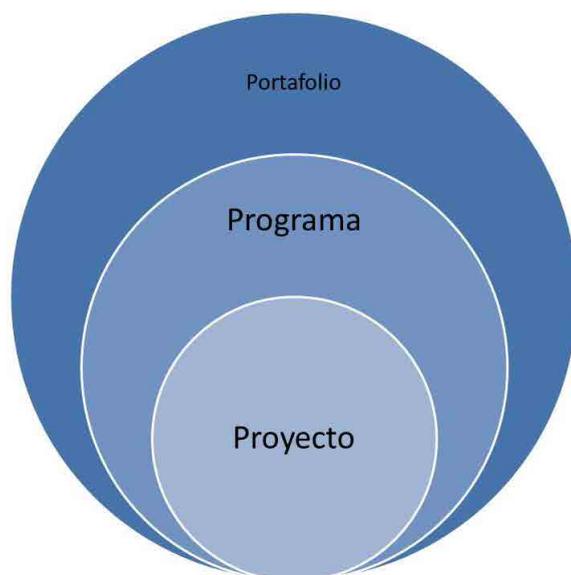


Fig. 1: Proyectos, programas y portafolios.

Fuente: (PMI, 2017 a).

“Los componentes de un programa hacen referencia a proyectos y otros programas al interior de un programa” (PMI, 2017 a, p. 14). “Los programas son ejecutados, principalmente, para generar beneficios a la organización patrocinadora. Estos beneficios son entregados a la organización patrocinadora como resultados que proporcionan utilidad a la organización y a los interesados o beneficiarios del programa” (PMI, 2017 c, p. 3). “Los programas entregan sus beneficios esperados, principalmente, a través de componentes de proyectos y programas subsidiarios los cuales buscan generar resultados y salidas. Los componentes de un programa están relacionados por su propósito de alcanzar metas complementarias en que cada uno contribuye a la entrega de beneficios” (PMI, 2017 c, p. 3). “La mejor forma para generar los beneficios de un programa puede ser, inicialmente, ambigua o incierta. Los resultados generados por los componentes de un programa contribuyen a la entrega de los beneficios esperados, y de ser necesario, a una redefinición de la estrategia del programa y de sus componentes” (PMI, 2017 c, p. 4).

Cuando los “componentes de proyectos o programas no avanzan hacia metas comunes o complementarias, o que de manera conjunta no contribuyen a la entrega de beneficios comunes, o que están relacionados

solo por fuentes o soporte, tecnologías, o interesados compartidos, son generalmente, mejor gestionados como portafolios que como programas” (PMI, 2017 c, p. 3).

2.2 Relacionamiento entre la gestión de portafolios, programas y proyectos

Para el PMI, el término *Project Management* se define como “la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas, en las actividades de un proyecto, para lograr los requerimientos del proyecto.” (PMI, 2017 a, p. 8). De igual manera, para el PMI, el término *Program Management* se define como “la aplicación de conocimientos, habilidades y principios a un programa, para lograr los objetivos del programa y para obtener beneficios y control, no disponibles, si los proyectos se administraran individualmente”. (PMI, 2017 a, p. 14). Posteriormente, según el PMI, el término *Portfolio Management* hace referencia “a la administración centralizada de uno o más portafolios para alcanzar objetivos estratégicos” (PMI, 2017 a, p. 15). Consiste en “la aplicación de principios de gerencia de portafolio, para alinear este y sus componentes, con las estrategias de la organización” (PMI, 2017 b, p. 5). Lo anterior se ilustra en la Figura 2.

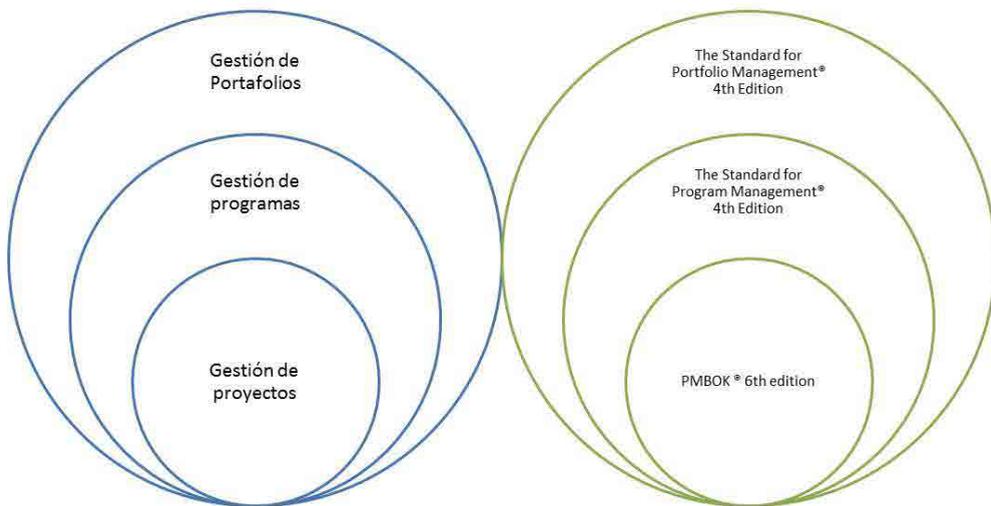


Fig. 2: Gestión de proyectos, programas y portafolios.

Fuente: (PMI, 2017 a).

“La gerencia de proyectos se enfoca en las interdependencias al interior del proyecto, para determinar el enfoque óptimo para su gestión” (PMI, 2017 a, p. 14). “La gerencia de programas se enfoca en las interdependencias entre los proyectos, y entre los proyectos y el nivel del programa para determinar el enfoque óptimo para su gestión” (PMI, 2017 a, p. 14). “El principal valor de gestionar una iniciativa como un programa, se basa en el reconocimiento del gerente de programa para adaptar estrategias con el fin de optimizar la entrega de beneficios a la organización” (PMI, 2017 c, p. 4). “La gestión de programas involucra la alineación de los componentes del programa para asegurar que las metas del mismo son alcanzadas y que los beneficios son entregados de manera óptima” (PMI, 2017 c, p. 8).

“La principal diferencia entre la gestión de programas y la de proyectos se encuentra en el hecho que al interior de un programa, las estrategias de entrega de beneficios pueden requerir ser optimizadas adaptativamente en la medida en que los resultados de los componentes son individualmente gestionados” (PMI, 2017 c, p. 4).

La gestión de portafolios se basa en: (a.) guiar las decisiones de inversión de la organización; (b.) seleccionar la mezcla óptima de programas y proyectos para alcanzar los objetivos estratégicos; (c.) proveer transparencia en la toma de decisiones; (e.) dar prioridades en la asignación de recursos físicos y los equipos de proyectos; (e.) incrementar la probabilidad de realización de los retornos esperados de la inversión; y (f.) centralizar la gestión del riesgo agregado de todos los componentes (PMI, 2017 a, p. 15).

“La gestión de portafolios asegura que el portafolio es consistente y está alineado con la estrategia organizacional” (PMI, 2017 a, p. 15). “La maximización del valor del portafolio requiere una minuciosa revisión de sus componentes. Los componentes son priorizados para que contribuyan de la mayor manera, al logro de los objetivos estratégicos de la organización” (PMI, 2017 a, p. 15).

2.3 Relacionamiento entre portafolios, programas y proyectos

Un proyecto puede ser gestionado en tres escenarios (PMI, 2017 a): (a.) un proyecto independiente *stand-alone* (fuera de un programa o de un portafolio), (b.) al interior de un programa de proyectos, y (c.) como

parte de un portafolio de proyectos. Adicional a los casos anteriormente mencionados, múltiples proyectos no relacionados entre sí conforman un entorno de multiproyectos (Hagan, Bower & Smith, 2001). Lo anterior se observa en la Figura 3.

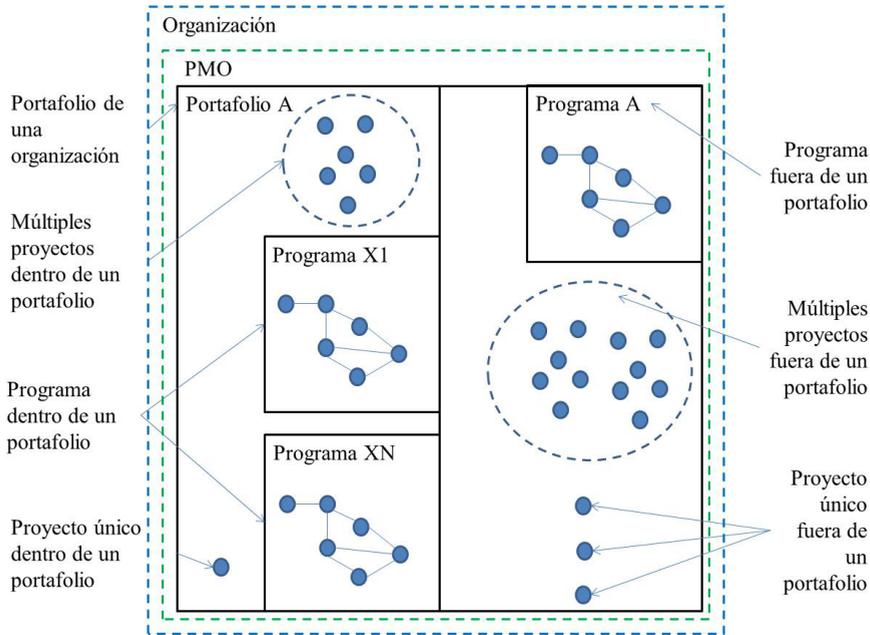


Fig. 3: Escenarios de los proyectos (proyecto *stand alone*, multiproyecto, programa, portafolio, PMO) al interior de una organización.

Fuente: El autor a partir de Rincón-González (2018 c).

Múltiples proyectos pueden ser requeridos para alcanzar una serie de metas y objetivos de una organización. En estos casos, los proyectos pueden ser agrupados en un programa (PMI, 2017 a, p. 11). “Los programas son elementos comunes de los portafolios, desarrollados con el propósito de entregar beneficios importantes para los objetivos estratégicos de una organización” (PMI, 2017 c, p. 7). “Los programas y proyectos son elementos significativos del portafolio de una organización, los cuales son gestionados para producir resultados y salidas requeridos para los objetivos estratégicos de la organización” (PMI, 2017 c, p. 7). “Algunas organizaciones pueden utilizar un portafolio de proyectos para gestionar, de manera efectiva, múltiples proyectos y programas que son desarrollados en un momento dado” (PMI, 2017 a, p. 11.).

“La gestión de programas y portafolios difiere de los proyectos en cuanto a sus ciclos de vida, las actividades, los objetivos, el enfoque, y los beneficios (PMI, 2017 a, p. 11). “Pero usualmente, este tipo de iniciativas así como las operaciones, involucran los mismos interesados y pueden requerir del uso de los mismos recursos, lo cual puede resultar en conflictos al interior de la organización. Lo anterior hace necesario la coordinación al interior de la organización del uso de gestión de proyectos, programas, y portafolios (PPPM)” (PMI, 2017 a, p. 11).

“Los componentes de un portafolio (proyectos, programas y operaciones) son agrupados para facilitar una gobernanza efectiva y gestionar el trabajo que permite alcanzar las prioridades estratégicas de la organización” (PMI, 2017 a, p. 12). Ver Figura 4.

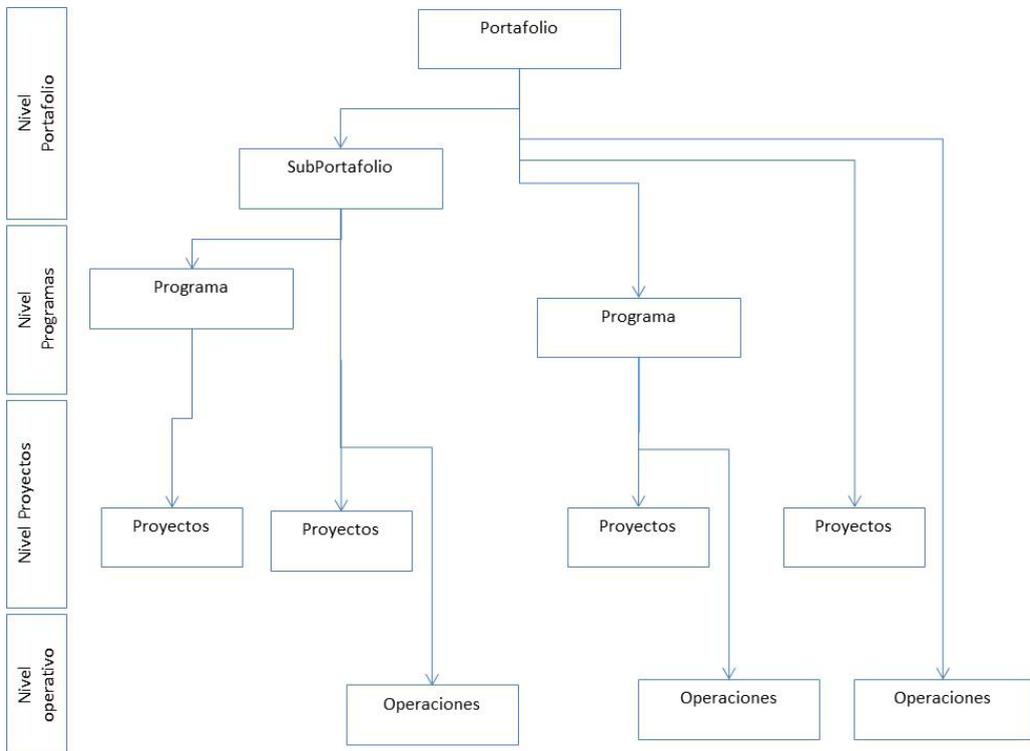


Fig. 4: Jerarquía entre portafolio, subportafolio, programa, subprogramas, proyectos y operaciones.

Fuente: El autor a partir de Rincón-González (2018 c).

Los proyectos “son esfuerzos acotados en el tiempo que se desarrollan para generar resultados únicos. Por otra parte, los programas usualmente son extensos, complejos, duraderos, y aceptan la incertidumbre en su definición. Las diferencias entre proyecto y programas se encuentran en la forma en la cual estos responden a la incertidumbre, el cambio, y la complejidad” (PMI, 2017 c, p. 27). Los programas y proyectos “existen en entornos organizacionales en los cuales los resultados, los beneficios, o las salidas pueden ser de alguna manera impredecibles o inciertos. El cambio externo a la organización se hace presente en los programas, mientras que en los proyectos que se desarrollan en el entorno de la organización, son considerados menos inciertos que los programas” (PMI, 2017 c, p. 27).

“Los proyectos utilizan el cambio y la gestión del cambio para restringir o controlar el impacto de la variabilidad en sus líneas de base, mientras que los programas usan el cambio de manera proactiva para mantener los componentes del programa y los beneficios esperados, alineados con los cambios en la estrategia de la organización y cambios en los cuales estos son desarrollados” (PMI, 2017 c, p. 27).

Los programas difieren de los portafolios en dos aspectos importantes: “los programas incluyen trabajo (proyectos, programas subsidiarios, y actividades del programa) que están relacionados de alguna manera y de forma colectiva contribuyen al logro de los beneficios y resultados del programa” (PMI, 2017 c, p. 27). Los programas “también incluyen el concepto de tiempo e incorporan cronogramas a través la medición del logro de hitos específicos” (PMI, 2017 c, p. 27). Los portafolios “no requieren que el trabajo al interior del mismo esté relacionado y son gestionados con un enfoque continuo como iniciativas (programas y proyectos) son incluidos en el portafolio y son secuencialmente completados” (PMI, 2017 c, p. 27).

Los portafolios “proveen los medios a la organización para gestionar, de manera efectiva, un grupo de inversiones así como trabajos que son importantes para el logro de los objetivos estratégicos de la organización” (PMI, 2017 c, p. 27). Desde una perspectiva organizacional “la gestión de proyectos, programas, y portafolios (PPP) se puede ver como la gestión de programas y proyectos que se enfocan en desarrollar los programas y proyectos de manera correcta; y la gestión de portafolios se enfoca en hacer los programas y proyecto correctos” (PMI, 2017 a, p. 12). Ver Figura 5.

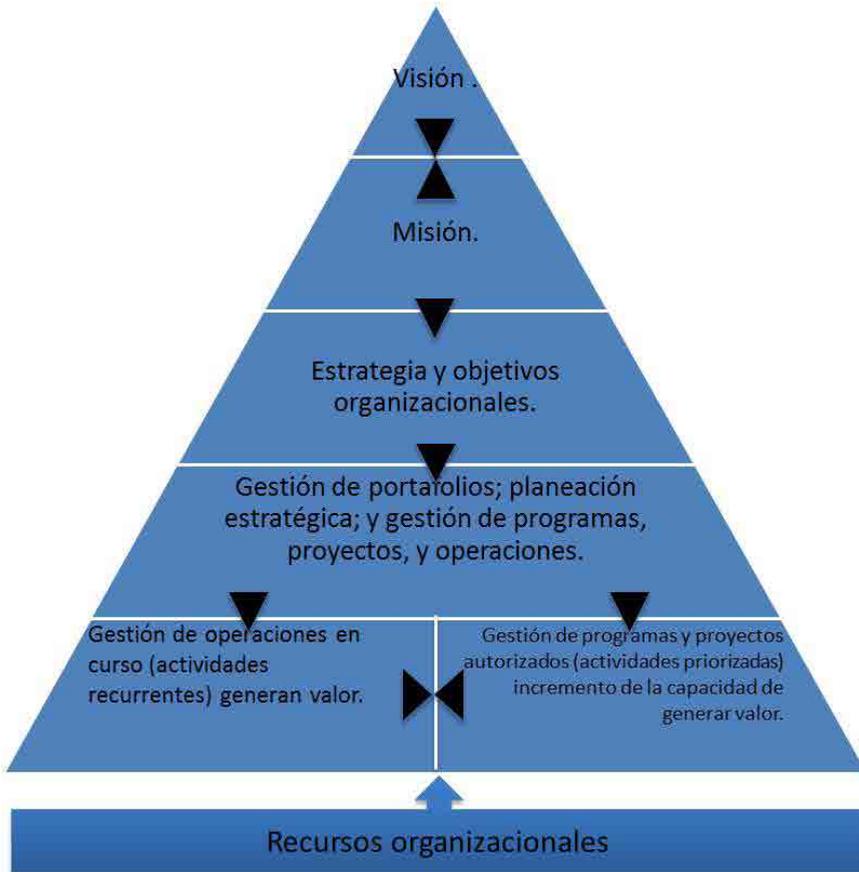


Fig. 5: Relacionamiento entre proyectos, programas, portafolios, y operaciones.

Fuente: (PMI, 2017 a).

2.4 Relacionamiento entre los gerentes de portafolios, programas y proyectos

El gerente de proyectos es la “persona encargada por la organización ejecutora de liderar el equipo responsable por el logro de los objetivos del proyecto”. (PMI, 2017 a, p. 52). “El gerente de proyectos se diferencia de uno de operaciones o funcional. El gerente funcional se enfoca en proporcionar supervisión gerencial a una unidad de negocios. El gerente de operaciones es responsable por asegurar que las operaciones del negocio son eficientes” (PMI, 2017 a, p. 52).

El gerente del proyecto interactúa con múltiples stakeholders en la ejecución de este tipo de iniciativas. Debe liderar al equipo de proyectos bajo su supervisión, relacionarse con los gerentes funcionales o de recursos, con otros gerentes de proyecto, gerentes de programas y/o de portafolios (PPP), con el gerente de la PMO, los patrocinadores de los proyectos, los integrantes de las juntas directivas, los cuerpos de gobierno al interior de la organización, así como con terceros, proveedores y otros grupos de interés. Los gerentes de proyectos interactúan con los gerentes de portafolio y de programa cuando el proyecto se encuentra al interior de uno de estos tipos de estructuras (PMI, 2017 a, p. 11). La esfera de influencia del gerente de proyectos se aprecia en la Figura 6 y las habilidades de este rol se muestran en la Figura 7.

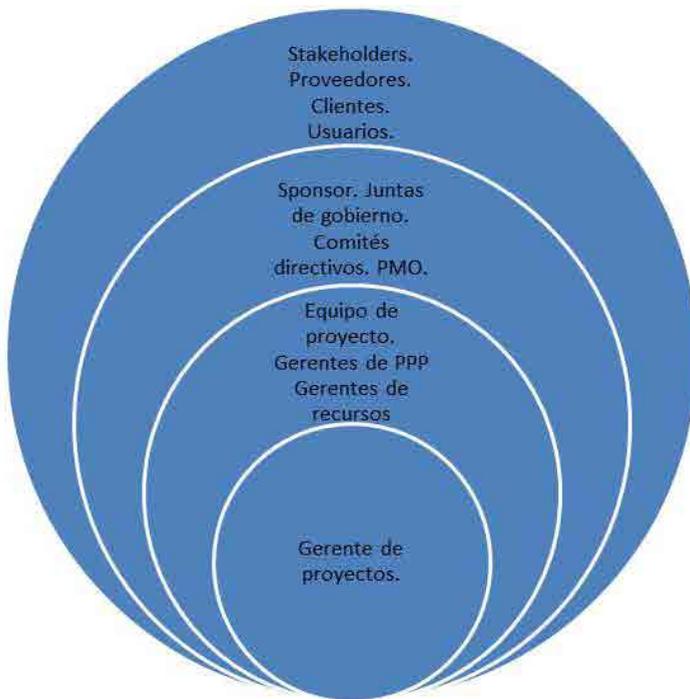


Fig. 6: Esfera de influencia del gerente de proyectos.

Fuente: (PMI, 2017 a).



Fig. 7: Habilidades del gerente de proyectos.

Fuente: (PMI, 2017 a).

El gerente de programas es la “persona encargada por la organización ejecutora de liderar el equipo o los equipos responsables por el logro de los objetivos del programa. Es responsable por el liderazgo, la conducta, y el desempeño del programa, y por construir un equipo de programa capaz de alcanzar los objetivos del programa, así como de alcanzar los beneficios esperados del mismo” (PMI, 2017 a, p. 716). “La gestión de programas es desarrollada por un gerente de programas, quien es la persona autorizada en la organización para liderar el o los equipos responsables por el logro de las metas y objetivos del programa” (PMI, 2017 c, p. 8).

El gerente de programas “asegura la alineación efectiva, la integración, y el control de los proyectos de un programa, de los programas subsidiarios, y de otras actividades del programa mediante acciones definidas en 5 dominios interrelacionados e interdependientes: Alineación estratégica del programa; Gestión de beneficios del programa; compromiso de los interesados del programa; gobernanza del programa; y Gestión del ciclo de vida del programa” (PMI, 2017 c, p. 8). Ver Figura 8.

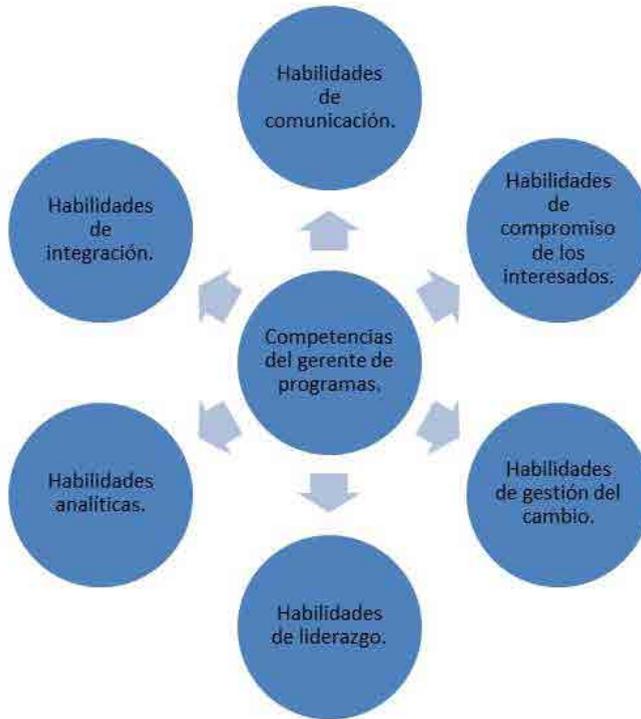


Fig. 8: Competencias del gerente de programas.

Fuente: (PMI, 2017 c).

El gerente de programas “típicamente se enfoca en la coordinación de las interdependencias entre los proyectos que contribuyen a su programa, mientras que los gerentes de proyectos se enfocan en gestionar las actividades internas del proyecto” (PMI, 2017 c, p. 13). “Los gerentes de programas típicamente no gestionan los componentes individuales de los proyectos en el día a día. En la medida que los proyectos avanzan, la interacción entre el gerente del programa y el del proyecto se enfoca en identificar y controlar las interdependencias entre proyectos, monitorear el desempeño de los proyectos, escalas los *issues*, y hacer seguimiento de las contribuciones de los proyectos, programas subsidiarios, y el trabajo del programa, para consolidar los beneficios del mismo” (PMI, 2017 c, p. 13).

Los gerentes de programas y de proyectos “también colaboran en la gestión de *issues* y riesgos. El gerente del programa monitorea y direc-

ciona los *issues* y riesgos que pueden impactar el desempeño o la entrega de beneficios que no puede ser gestionado a nivel de un proyecto individual o de un programa subsidiario” (PMI, 2017 c, p. 13). “El gerente del proyecto usualmente se enfoca en gestionar los *issues* y riesgos al interior del proyecto. El gerente de proyectos identifica *issues*, riesgos, y dependencias que pueden impactar otros componentes del programa para asegurar que estos son reconocidos por el gerente del programa” (PMI, 2017 c, p. 13).

La relación entre la gestión de programas y la de portafolios es colaborativa, “los gerentes de programa y de portafolio trabajan juntos para asegurar que los beneficios esperados o requeridos de una organización son entregados de manera eficiente y efectiva” (PMI, 2017 c, p. 12). “Las estrategias organizacionales así como las prioridades establecidas en la gestión de portafolios proporcionan las bases para definir los programas, heredando las estrategias al programa para la entrega de beneficios a la organización, y asignando los recursos que el programa requiere” (PMI, 2017 c, p. 12). “Juntas, la gestión de programas y de portafolios soportan a la organización definiendo la forma en la cual el plan estratégico de la misma va a ser apoyado y entregado vía programas adecuadamente priorizados y con los recursos requeridos” (PMI, 2017 c, p. 12).

El gerente de portafolio “hace referencia a la persona o grupo asignado por la organización ejecutora para establecer, balancear, monitorear, y controlar componentes del portafolio con el propósito de alcanzar los objetivos estratégicos de negocio” (PMI, 2017 b, p. 12). El gerente de portafolio “tiene la responsabilidad de establecer e implementar la gestión de portafolios. Mientras que el enfoque de los gerentes de programa y de proyecto es “hacer el trabajo correctamente”, el del gerente de portafolio es “hacer el trabajo correcto” y la gobernanza de portafolio permite que el “trabajo correcto” sea ejecutado en el momento correcto, y con asignación de los recursos adecuados” (PMI, 2017 b, p. 12).

Los dominios de la gestión de portafolios son: (a.) gestión de competencias y capacidades del portafolio; (b.) compromiso de los interesados del portafolio; (c.) gestión del valor del portafolio; (d.) gestión del riesgo del portafolio; (e.) gestión estratégica del portafolio; y (f.) gobernanza del portafolio. Lo anterior se aprecia en la Figura 9.

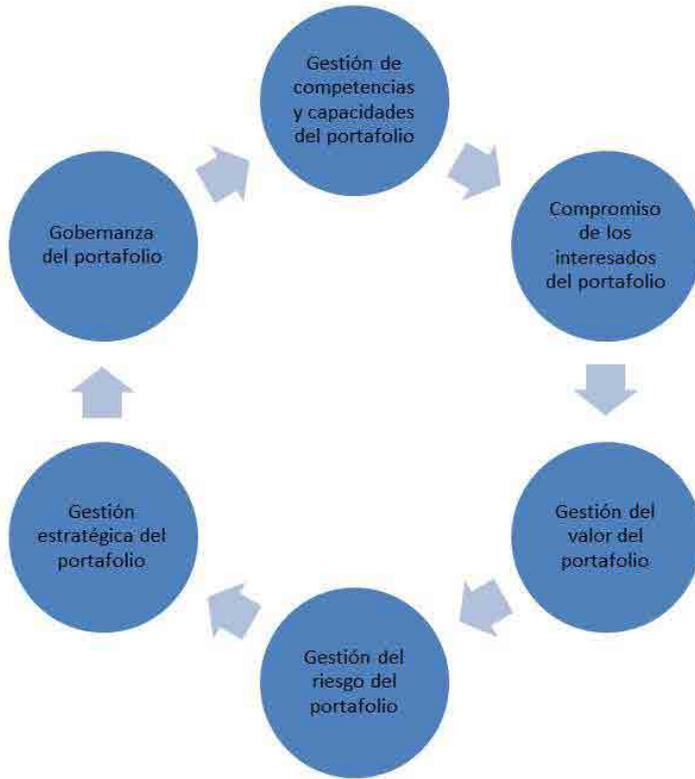


Fig. 9: Dominios de la gestión de portafolios.

Fuente: (PMI, 2017 b).

Los gerentes de proyectos, programas y portafolios trabajan de manera colaborativa al interior de una organización, de acuerdo con los lineamientos de la gobernanza (a nivel de proyectos, programas y portafolios). Los gerentes de proyectos buscan desarrollar este tipo de iniciativas, con el alcance requerido, dentro del tiempo asignado y por debajo del presupuesto aprobado. Los gerentes de programa se enfocan en la alineación de los proyectos las operaciones bajo su control y en la generación de beneficios para la organización. El gerente de portafolios se enfoca en alcanzar los objetivos estratégicos de la organización mediante la incorporación de los programas y proyectos correctos al interior del portafolio. Lo anterior se ilustra en la Figura 10.

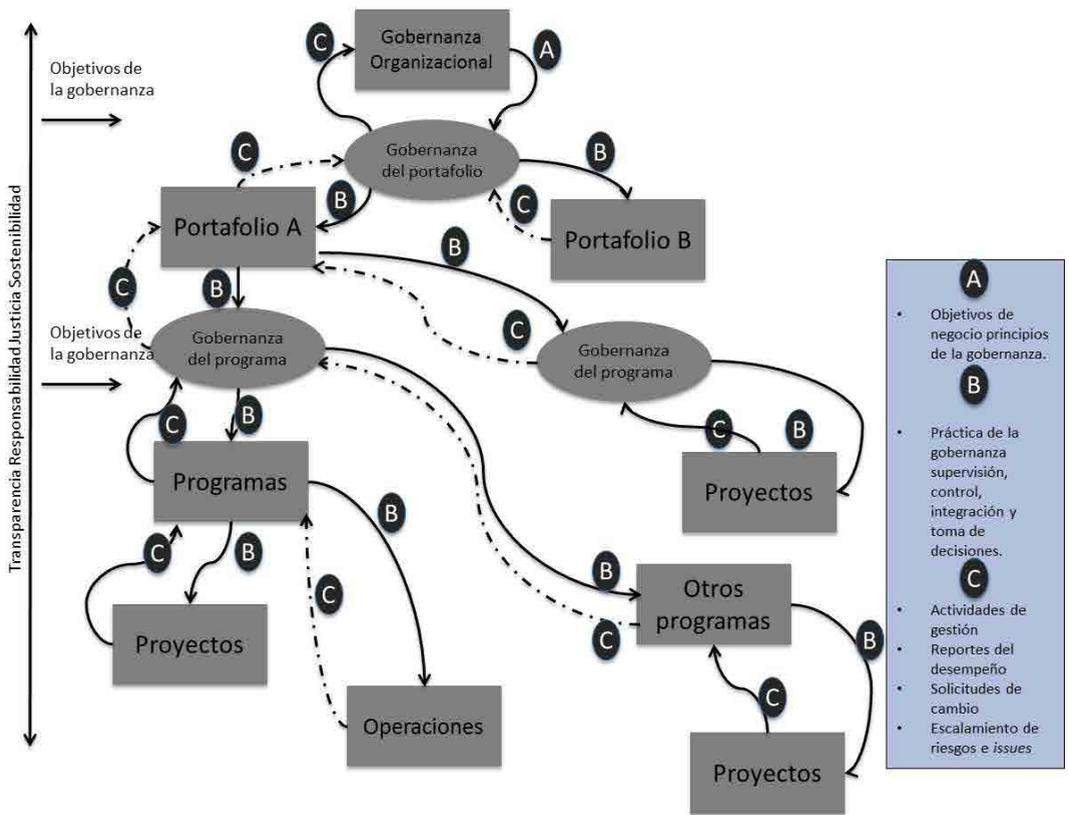


Fig. 10: Relacionamiento entre los gerentes de proyectos, programas y portafolios.

Fuente: (PMI, 2017 b).

2.5 La gestión de portafolios, programas y proyectos desde la complejidad

La complejidad es una “característica de un programa o un proyecto o su entorno, el cual dificulta su gestión debido a comportamientos humanos, del sistema y la ambigüedad” (PMI, 2014, p. 93). La incertidumbre es la “falta de conocimiento o entendimiento de *issues*, eventos, camino a seguir, o la solución a buscar. La incertidumbre puede incrementar y amplificar *issues*, riesgos, comportamientos o situaciones que son internas o externas a un programa o proyecto” (PMI, 2014, p. 97). *Unpredictability*: “es un resultado típico de un programa o proyecto en un entorno complejo. Las interacciones sociales y políticas, así como las interrelaciones pueden crear *issues* o resultados que son imposibles

de predecir” (PMI, 2014, p. 97). La gerencia de proyectos complejos “proporciona los lineamientos a una organización y a los practicantes, sobre cómo gestionar programas y proyectos que son impactados por la complejidad” (PMI, 2014, p. 5).

La fundamentación teórica de la gerencia de proyectos complejos desde la perspectiva del PMI® se fundamenta en el PMBOK® Guide, *The Standard for Program Management*, y *The Standard for Portfolio Management* (PMI, 2014). Cuando se enfrenta la complejidad de los programas y proyectos, los estándares del PMBOK® Guide, *The Standard for Program Management*, y *The Standard for Portfolio Management*, proveen un excelente punto de partida para solucionar las condiciones de complejidad generadas por la ambigüedad, el comportamiento humano y los sistemas (PMI, 2014).

Los programas y los proyectos “están asociados con la complejidad. Los programas pueden ser complejos como resultado de la combinación de factores. Los proyectos se pueden dar debido a su unicidad, la cual crea incertidumbre en las estimaciones de tiempo y costo, así como en las especificaciones necesarias para generar los resultados y salidas esperadas” (PMI, 2017 c, p. 27).

Desde esta perspectiva, la gestión de portafolios es una de las consideraciones organizacionales, respecto a la complejidad (ver Figura 11), que puede impactar un programa o proyecto aprobado o seleccionado, pues puede generar un cambio en la estrategia organizacional, lo cual requeriría la realineación del portafolio. La gestión de portafolio es un elemento fundamental en la navegación de la complejidad (PMI, 2014, p. 4). Las prácticas de gestión de portafolios más utilizadas por las organizaciones son: (a.) elevar la gestión de portafolios al nivel estratégico (b.) crear una cultura estructurada en función de portafolios, e (c.) implementar las prácticas y herramientas de gestión de portafolio apropiadas.

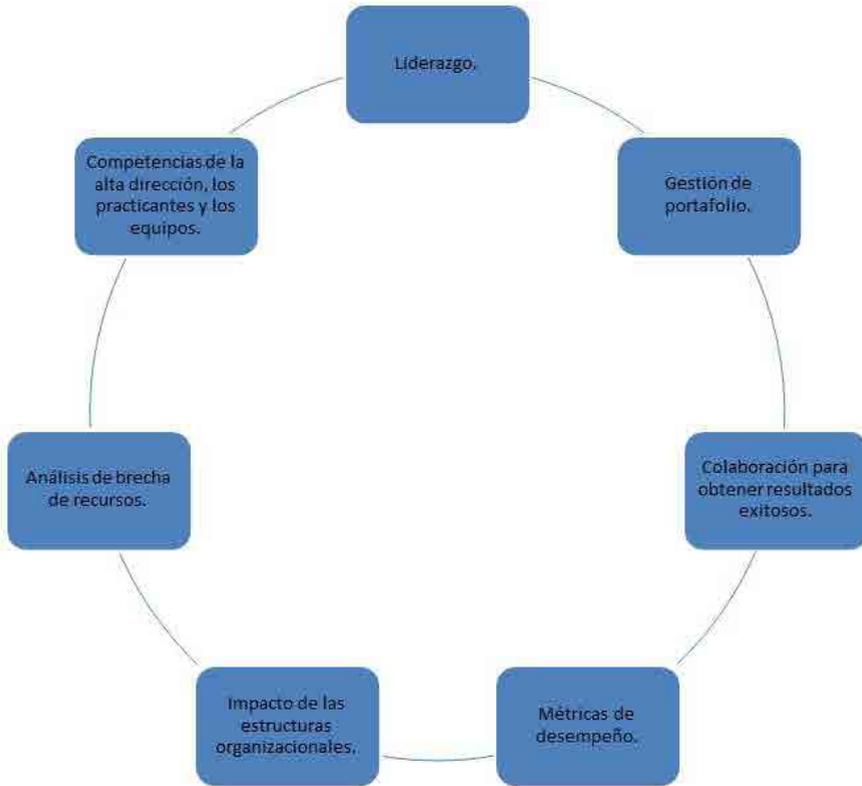


Fig. 11: Consideraciones organizacionales respecto a la complejidad.

Fuente: (PMI, 2014).

2.6 Los portafolios desde Gestión Organizacional de Proyectos

La Gestión Organizacional de Proyectos (OPM) asegura que “los portafolios, los programas, y los proyectos estén alienados y direccionados con las estrategias organizacionales y diferencian la forma en la cual estos contribuyen al logro de las metas estratégicas” (PMI, 2017 a, p. 16). La gestión de portafolios alinea los portafolios con las estrategias organizacionales mediante la selección de los programas y proyectos correctos, priorizando el trabajo, y proporcionando los recursos necesarios. (PMI, 2017 a, p. 16).

La gestión de programas armoniza los componentes de los mismos, y controla las interdependencias, con el fin de alcanzar beneficios espe-

cíficos (PMI, 2017 a, p. 16). La gestión de proyectos permite el logro de las metas y objetivos organizacionales (PMI, 2017 a, p. 16).

Al interior de portafolios o programas “los proyectos son el medio para alcanzar las metas y objetivos organizacionales. Comúnmente en el contexto de un plan estratégico, el cual es el factor principal en orientar las inversiones a los proyectos” (PMI, 2017 a, p. 16). “La alineación con las metas de negocio de la organización puede lograrse mediante la gestión sistemática de portafolios, programas, y proyectos aplicando del OPM” (PMI, 2017 a, p. 16).

La OPM es definida como “el marco de referencia en el cual la gestión de portafolios, programas, y proyectos son integradas con habilitadores organizacionales con el fin de alcanzar los objetivos estratégicos” (PMI, 2017 a, p. 17). El propósito de la OPM “es asegurar que la organización desarrolle los proyectos correctos y asigne recursos apropiadamente. Asegura que todos los niveles de la organización entiendan la visión estratégica, las iniciativas que apoyan la visión, los objetivos, y los entregables.” (PMI, 2017 a, p. 17). Ver Figura 12.



Fig. 12: Gestión organizacional de proyectos (OPM).

Fuente: (PMI, 2017 a).

2.7 Análisis cuantitativo de la gestión de portafolios de proyectos

Un detallado análisis cuantitativo de 1149 publicaciones especializadas en Scopus (2020) y WOS (2020), relacionadas con la gestión de portafolios de proyectos, fue desarrollado. 700 artículos científicos fueron identificados en los *journal*s de Scopus, mientras que 449 fueron encontrados en WOS. En el periodo 1978 – 2020, Scopus mostró un comportamiento creciente, con altibajos, en el número de publicaciones relacionadas con la gestión de portafolios de proyectos. Por otra parte, WOS, en el periodo 2000 – 2020, evidenció un incremento sostenido en los artículos científicos sobre estas estructuras agrupadoras de proyectos y programas, como se puede observar en la Figura 13. Lo anterior, evidencia un creciente interés de los investigadores, en la disciplina de la gerencia de proyectos, por estudiar los portafolios.

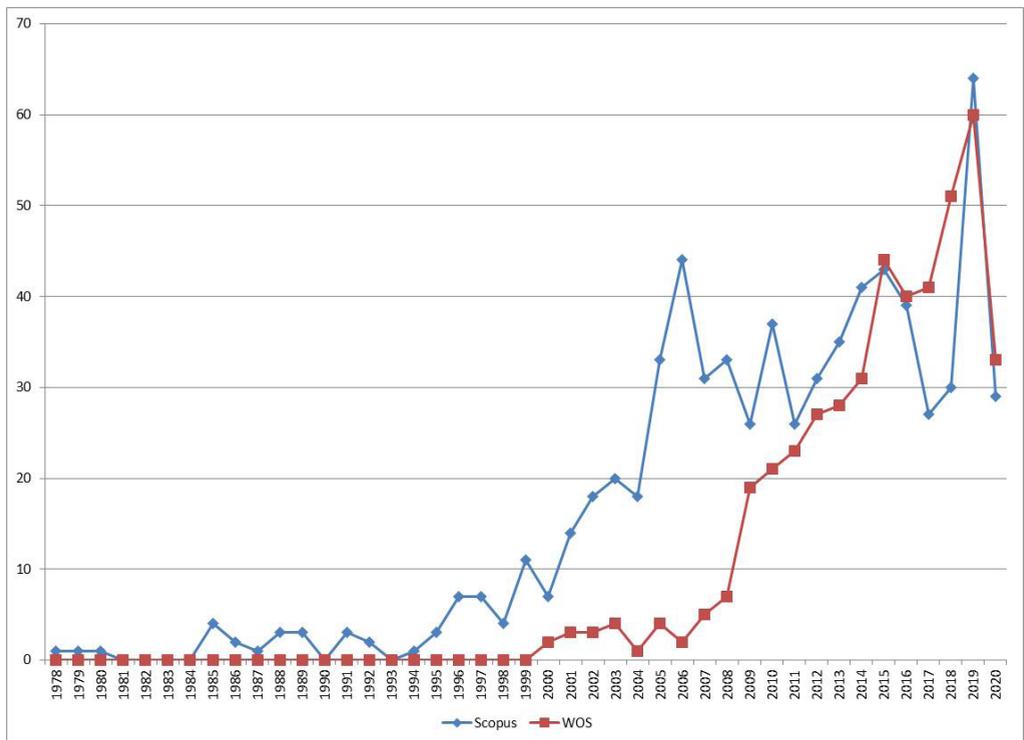


Fig. 13: Publicaciones científicas sobre los portafolios de proyectos – Scopus y WOS (1978 – 2020).

Fuente: El autor a partir de Scopus (2020) y WOS (2020).

2.7.1 Temas de investigación de la gestión de portafolios de proyectos

Se realizó un análisis bibliométrico de los principales temas de investigación científica, sobre los portafolios de proyectos, en la base de datos de Scopus (ver Figura 14). Los temas más relevantes fueron: a) gerencia de proyectos, b) inversiones, c) procesamiento de datos financieros, d) toma de decisiones, e) gestión de portafolios de proyectos, f) gestión de portafolios, g) planeación estratégica, y h) evaluación de riesgos.

Por otra parte, en la base de datos de WOS, los temas más relevantes fueron: a) gerencia de proyectos, b) desempeño, c) gestión de portafolio, d) gestión, e) éxito, f) gestión de portafolio de proyectos, g) impacto, y h) estrategia. Estos tópicos cuentan con la mayor cantidad de publicaciones y citas, como se evidencia en la Figura 15.

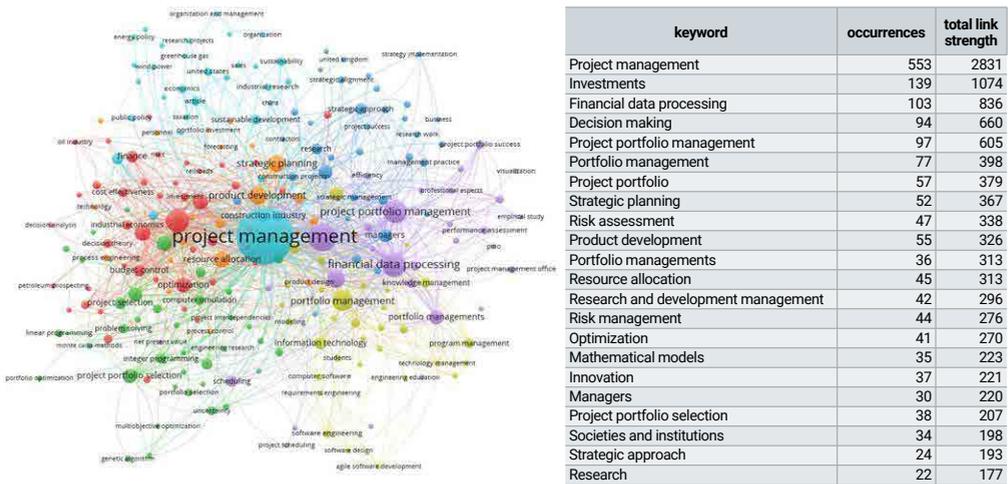


Fig. 14: Mapa bibliométrico de los tópicos de investigación sobre los portafolios de proyectos – Scopus.

Fuente: El autor a partir de Scopus (2020).

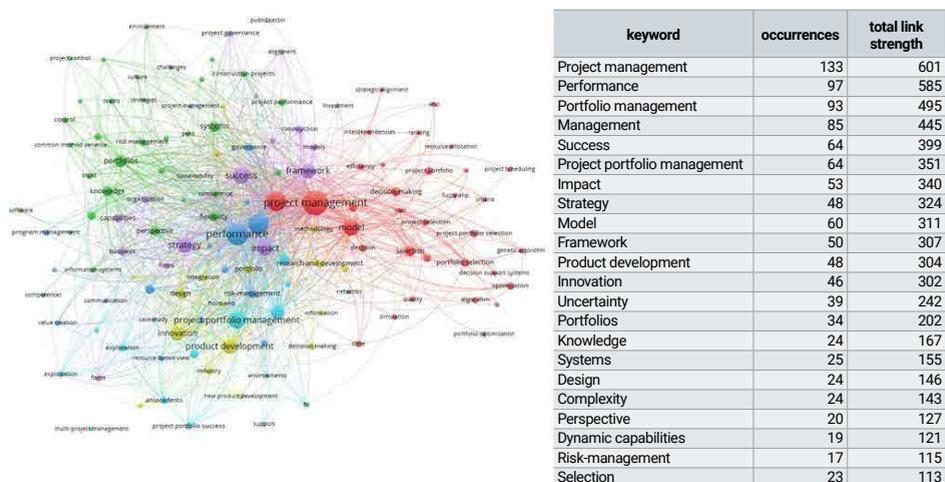


Fig. 15: Mapa bibliométrico de los tópicos de investigación sobre los portafolios de proyectos – WOS.

Fuente: El autor a partir de WOS (2020).

2.7.2 Autores de la investigación de la gestión de portafolios de proyectos

En el análisis bibliométrico adelantado en Scopus, sobre los autores principales que han investigado los portafolios de proyectos, se identificaron a) Gemunden, b) Kock, c) Cooper, d) Edgett, e) Unger, y f) Killen. Así mismo, se evidencia un relacionamiento en función de las cocitaciones de estos autores (ver Figura 16).

Desde otro punto de vista, en WOS se encontraron a) Kock, b) Gemunden, c) Jonas, d) Killen, e) Lu, f) y Wang, se evidencian cocitaciones, como se aprecia en la Figura 17.

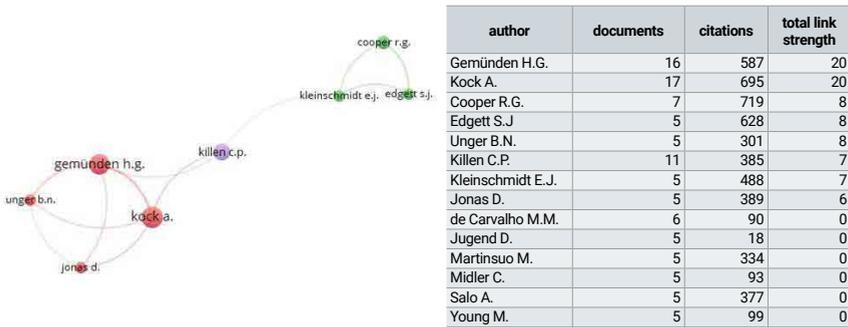


Fig. 16: Mapa bibliométrico de los autores principales en la investigación científica sobre los portafolios de proyectos – Scopus.

Fuente: El autor a partir de Scopus (2020).

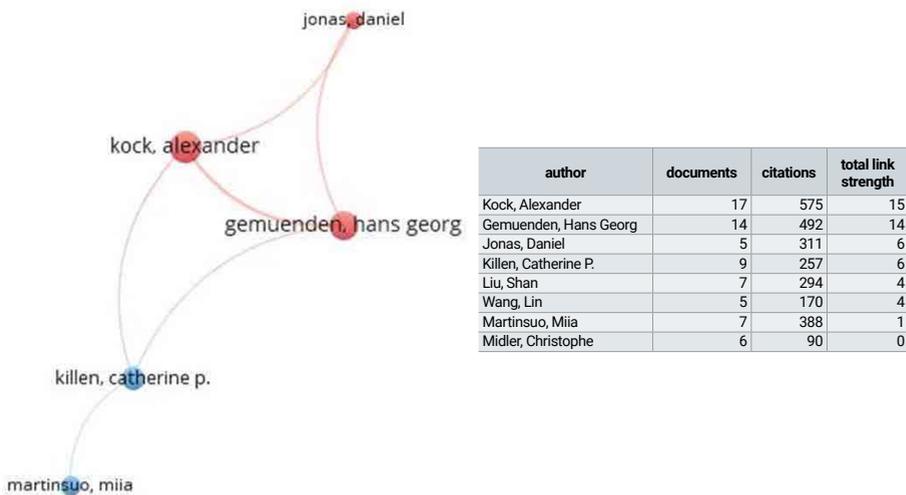


Fig. 17: Mapa bibliométrico de los autores principales en la investigación científica sobre los portafolios de proyectos – WOS.

Fuente: El autor a partir de WOS (2020).

2.7.3 Fuentes de la investigación de la gestión de portafolios de proyectos

En Scopus se consultaron las fuentes con mayor cantidad de documentos y citas de la literatura científica del fenómeno de estudio, se identificaron a) International Journal of Project Management; b) Project Management Journal; c) IEEE Transactions on Engineering; d)

International Journal of Managing Projects in Business; e) Research Technology Management, y f) European Journal of Operational Research, (ver Figura 18). Los artículos pertenecientes a estos *journals* presentan cocitaciones entre sí, lo cual genera una red de conocimiento que contribuye al desarrollo de este tema de estudio.

Así mismo, se consultó en WOS las fuentes con mayor número de publicaciones de portafolios de proyectos. Se identificaron a) International Journal of Project Management; b) Project Management Journal; c) IEEE Transactions on Engineering; d) International Journal of Managing Projects in Business, y e) Engineering Management Journal. En la Figura 19 se evidencian múltiples citas cursadas entre estas publicaciones.

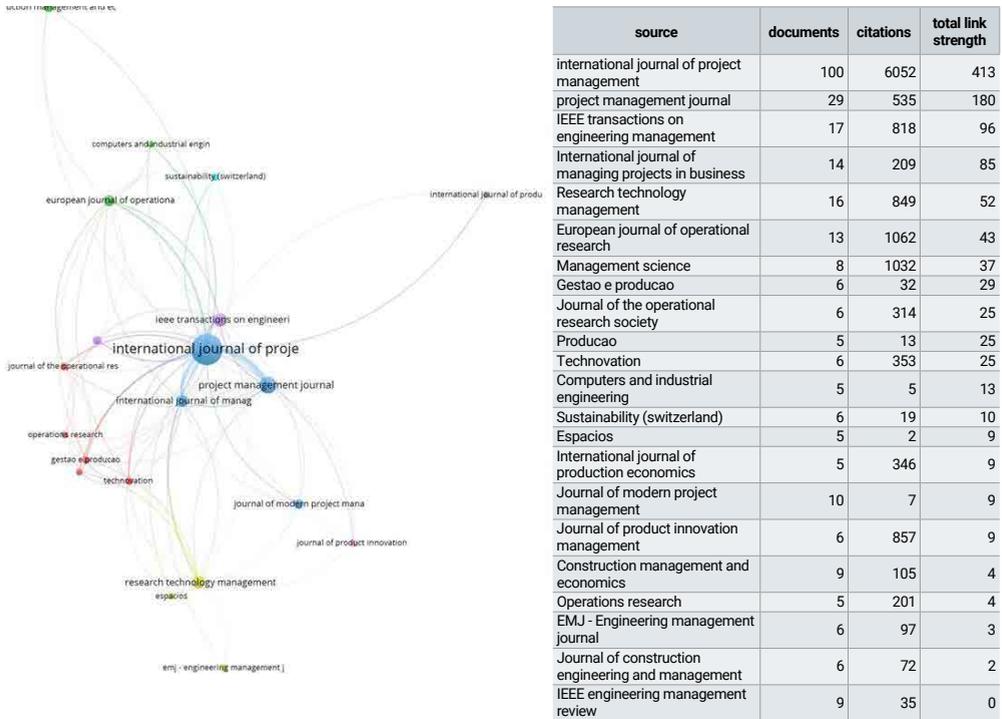


Fig. 18: Mapa bibliométrico de las fuentes principales en la investigación científica sobre los portafolios de proyectos – Scopus.

Fuente: El autor a partir de Scopus (2020).

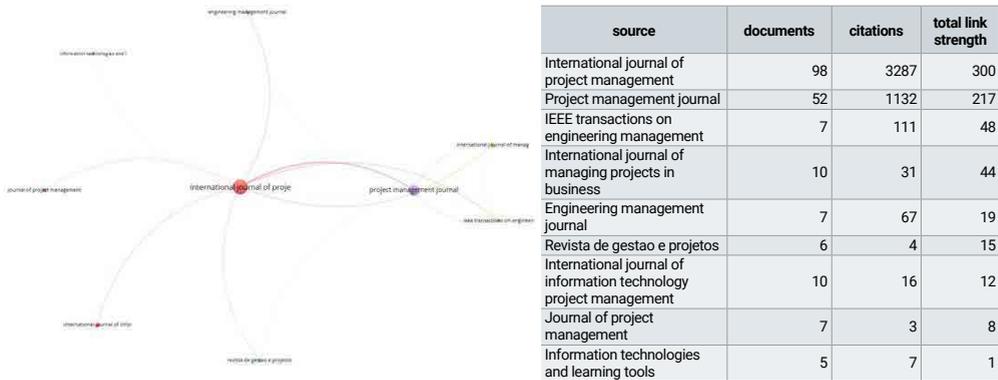


Fig. 19: Mapa bibliométrico de las fuentes principales en la investigación científica sobre los portafolios de proyectos – WOS.

Fuente: El autor a partir de WOS (2020).

2.7.4 Subgrupos de investigación de la gestión de portafolios de proyectos

Se consultaron en Scopus los subgrupos de materia con mayor cantidad de documentos y citas de la literatura científica del fenómeno de estudio. Se identificaron a) negocios, gerencia y contabilidad; b) ingeniería; c) ciencias de la computación; d) ciencias de la decisión; y e) ciencias sociales (ver Figura 20). Lo anterior, permite inferir que los portafolios de proyectos han sido estudiados desde perspectivas administrativas, de gestión y técnicas, principalmente.

Así mismo, en WOS, los subgrupos de materia con mayor cantidad de artículos son: a) gestión; b) negocios; c) ingeniería industrial, y d) investigación de operaciones y gestión de la ciencia. Esta distribución de los subgrupos de materia permite evidenciar que los portafolios de proyectos se han estudiado principalmente desde los negocios y la ingeniería (ver Figura 21).

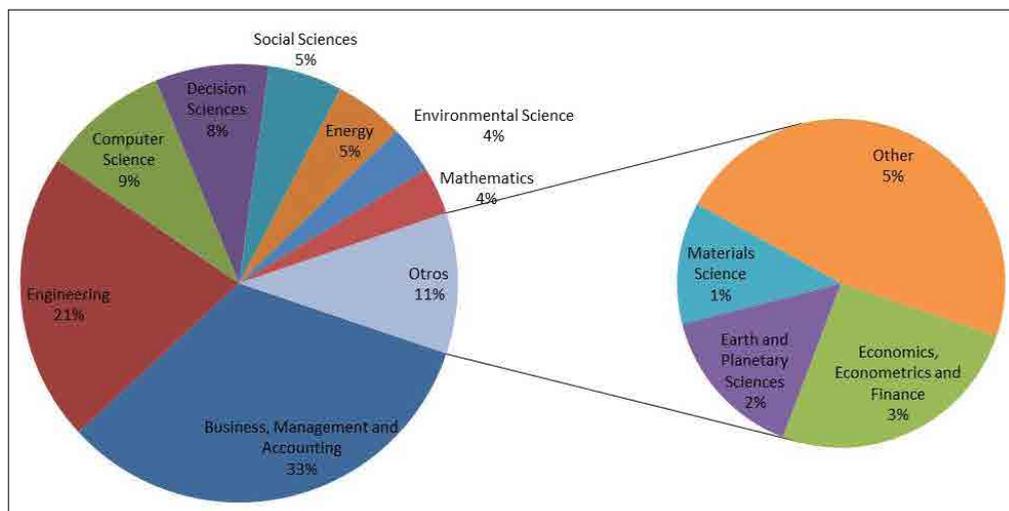


Fig. 20: Publicaciones por subgrupo de materia en la investigación científica sobre los portafolios de proyectos – Scopus.

Fuente: El autor a partir de Scopus (2020).

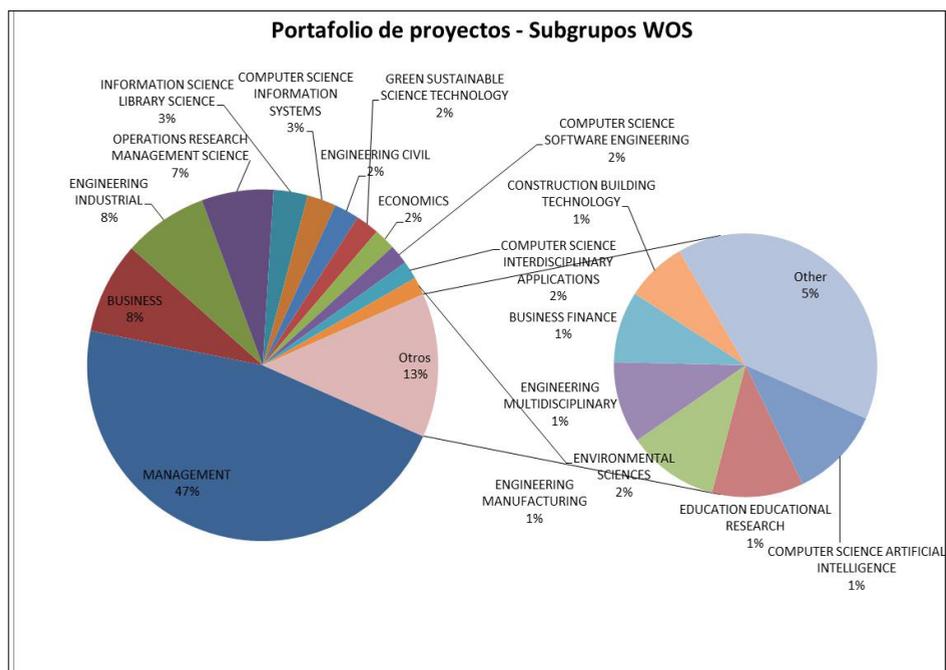


Fig. 21: Publicaciones por subgrupo de materia en la investigación científica sobre los portafolios de proyectos – WOS.

Fuente: El autor a partir de WOS (2020).

2.7.5 Países que lideran la investigación de la gestión de portafolios de proyectos

Estados Unidos, Australia, Reino Unido, Alemania, Canadá, Noruega, Francia y China, se destacan como los países con mayor cantidad de publicaciones científicas sobre los portafolios de proyectos en Scopus (Ver Figura 22). Así mismo, se identifican las cocitaciones entre los países respecto a las publicaciones científicas sobre el tema de estudio.

Desde otra perspectiva, se realizó una investigación sobre las publicaciones científicas respecto a los portafolios de proyectos en WOS. Inicialmente, se identificaron como los países con mayor cantidad de publicaciones a: Alemania, Estados Unidos, Australia, Reino Unido, Noruega, Canadá, China y Francia (ver Figura 23). Así mismo, se aprecian las publicaciones y las citas relacionadas con la calidad en proyectos en esta base de datos.

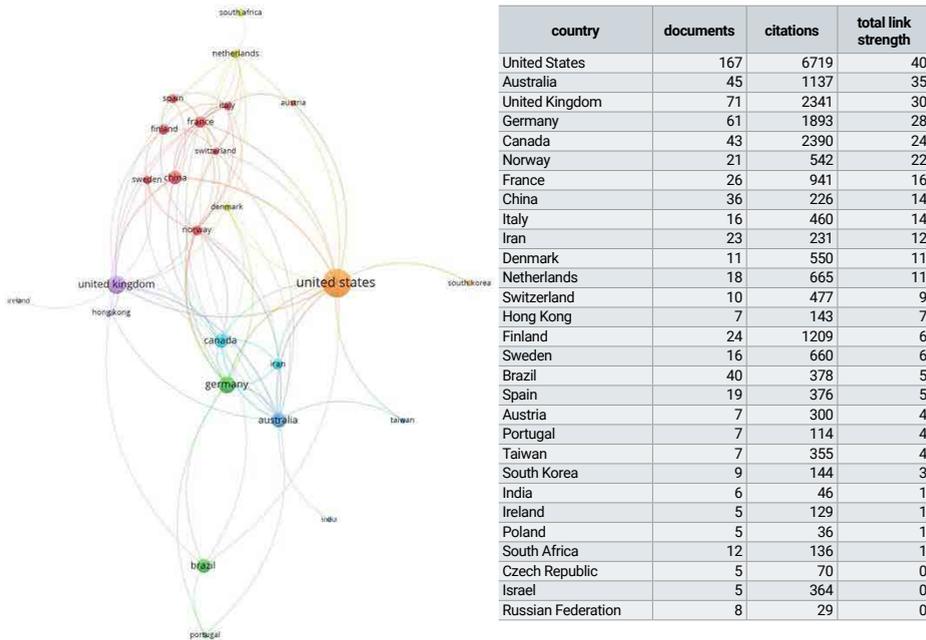


Fig. 22: Mapa bibliométrico de publicaciones por país en la investigación científica sobre los portafolios de proyectos – Scopus.

Fuente: El autor a partir de Scopus (2020).

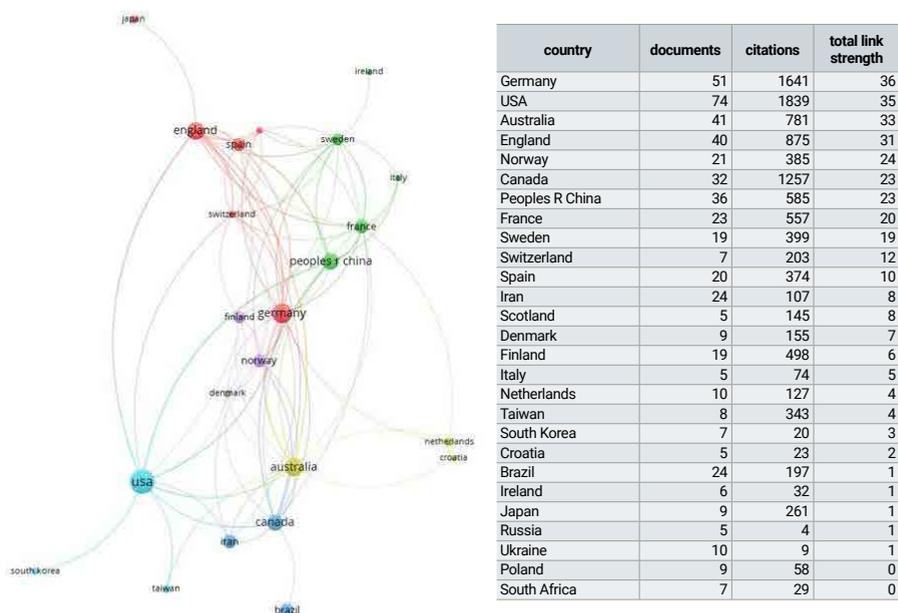


Fig. 23: Mapa bibliométrico de publicaciones por país en la investigación científica sobre los portafolios de proyectos – WOS.

Fuente: El autor a partir de WOS (2020).

2.7.6 Organizaciones que lideran la investigación de la gestión de portafolios de proyectos

En Scopus se identificaron como organizaciones representativas en la investigación científica los portafolios de proyectos: a) Business information systems department, faculty of business administration and economics, University of Paderborn, Paderborn, d-33098, Germany; b) Business systems and analytics department, distinguished chair of business analytics, La Salle University, Philadelphia, pa 19141, United States, c) Faculty of industrial and systems engineering, tarbiat modares University, Teheran, Iran; d) School of industrial engineering, College of Engineering, University of Teheran, Teheran, Iran; y e) Handelshoyskolen bi, department of leadership & organization, Oslo, Akershus, Norway. Ver Figura 24.

Por otra parte, en WOS se identificaron como organizaciones que contribuyen de manera significativa a la investigación científica sobre los portafolios de proyectos a: a) Tech Univ Darmstadt; b) Handelshoyskolen bi; c) Tech Univ Berlin; d) Bi Norwegian Business Sch, y e) Univ Technol Sydney (ver Figura 25).

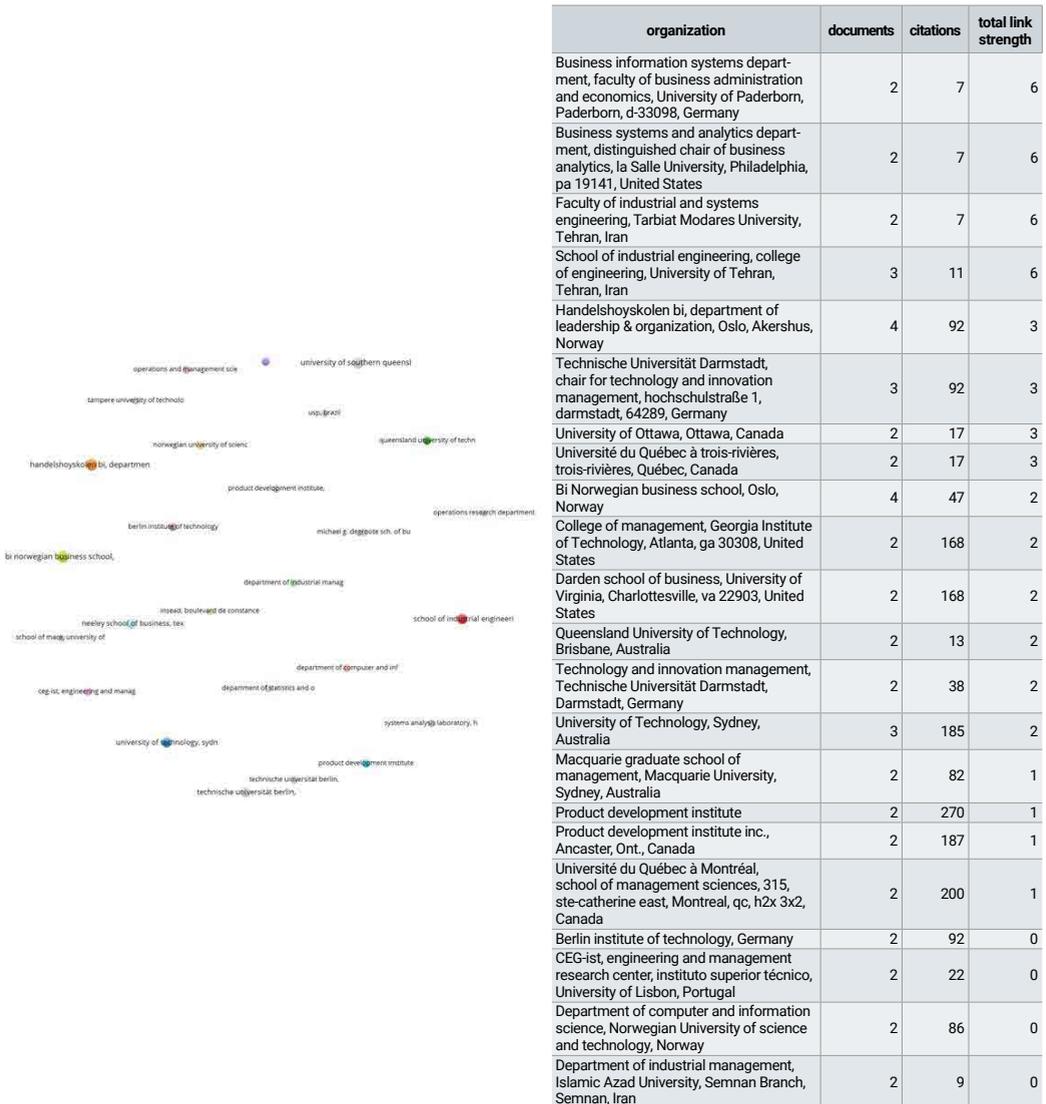


Fig. 24: Mapa bibliométrico de publicaciones por organización en la investigación científica sobre los portafolios de proyectos – Scopus.

Fuente: El autor a partir de Scopus (2020).

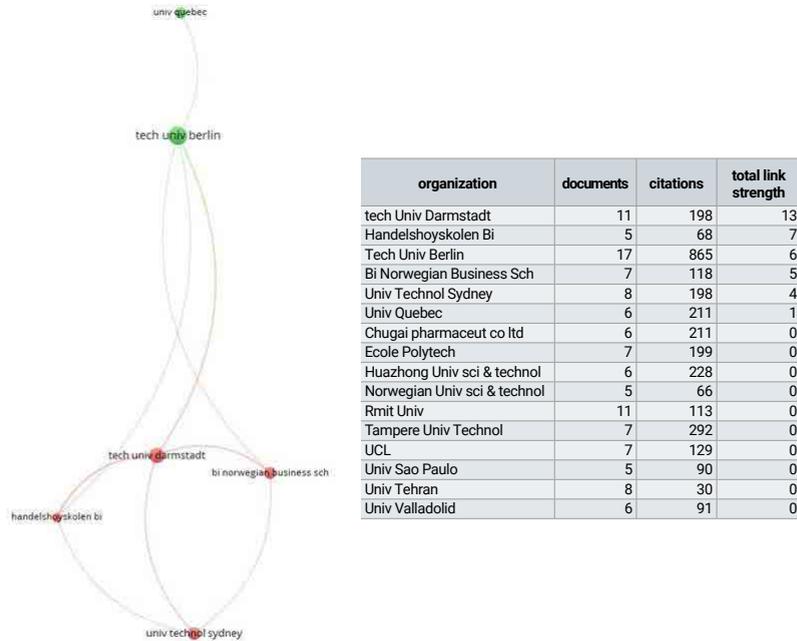


Fig. 25: Mapa bibliométrico de publicaciones por organización en la investigación científica sobre los portafolios de proyectos – WOS.

Fuente: El autor a partir de WOS (2020).

3. MARCO METODOLÓGICO

Esta investigación, involucró un detallado análisis estadístico de 1149 artículos científicos, en los principales *journals* de la gerencia de proyectos, relacionados con los portafolios. Seguidamente, se desarrollaron múltiples análisis bibliométricos con el propósito de determinar: los temas principales de investigación; los autores más influyentes; las fuentes más relevantes; los subgrupos de materia más investigados; los países y organizaciones que lideran la investigación científica sobre los portafolios de proyectos. Seguidamente, los cuerpos del conocimiento de la gestión de portafolios y literatura científica relevante se integraron en un modelo propuesto de gestión de portafolios de proyectos, y en las

variables de estudio (ver tabla 1). Posteriormente, en un extenso trabajo de campo, se analizaron 702 organizaciones que desarrollan portafolios de proyectos en Colombia mediante el desarrollo de entrevistas semiestructuradas con gerentes de portafolios, gerentes de PMO, y/o patrocinadores de portafolios de proyectos de las organizaciones estudiadas, las cuales fueron elegidas mediante un criterio de selección aleatorio. Sucesivamente, un detallado análisis estadístico, con altos niveles de significancia, fue desarrollado con el fin de identificar el comportamiento de la gestión de portafolios de proyectos en Colombia, identificando los *clúster* que agrupan las organizaciones estudiadas, según su comportamiento en la ejecución de este tipo de iniciativas. Finalmente, los resultados de la investigación fueron documentados, las conclusiones fueron establecidas y futuras líneas de investigación fueron propuestas.

El marco metodológico de esta investigación fue influenciado por los postulados de Rincón-González (2014 a, 2014 b, 2015, 2016, 2017 a, 2017 b, 2018 a, 2018 b, 2018 c, 2019 a, 2019 b, 2020 a, 2020 b, 2020 c, 2020 d, 2021); Rincón-González & Díaz-Piraquive (2018, 2019 a, 2019 b, 2019 c, 2019 d, 2020); Rincón-González & Aragonés-Beltrán (2020); Rincón-González & Díaz-Piraquive (2018, 2019 a, 2019 b, 2019 c, 2019 d, 2020); Rincón-González, Díaz-Piraquive & Castro-Silva (2019); Rincón-González, Díaz-Piraquive & Diez-Silva (2019); Rincón-González, Díaz-Piraquive & González-Crespo (2019); y Rincón-González, Rueda Varón & Díaz-Piraquive (2019). Por otra parte, de manera suplementaria, se tuvieron en cuenta los aportes sobre la gerencia de proyectos en diferentes contextos a partir de Acosta, Rincón-González, Nieto, Rodríguez, Romero & Fajardo (2020); Ángel, Landínez, Ojeda, Quirós, Vera & Rincón-González (2019); Bautista & Rincón-González (2017); Castro-Silva, Rincón-González & Diez-Silva (2020); Cifuentes, Buenaventura, Marroquín, Moya & Rincón-González (2021); Díaz-Piraquive & Rincón-González (2019); Gómez, Rojas, Piedrahita, Cortés, Marín & Rincón-González (2019); Mejía & Rincón-González (2018); Muñoz, Landínez, Ojeda, Quirós, Vera & Rincón-González (2019); Otero & Rincón-González (2020); Peña, Rincón-González, Sánchez & Gavilán (2018); Rodríguez Marrugo & Rincón-González (2020); Sarmiento Rojas & Rincón-González (2020); Vargas & Rincón-González (2021). La metodología de investigación del presente estudio se ilustra en la Figura 26.

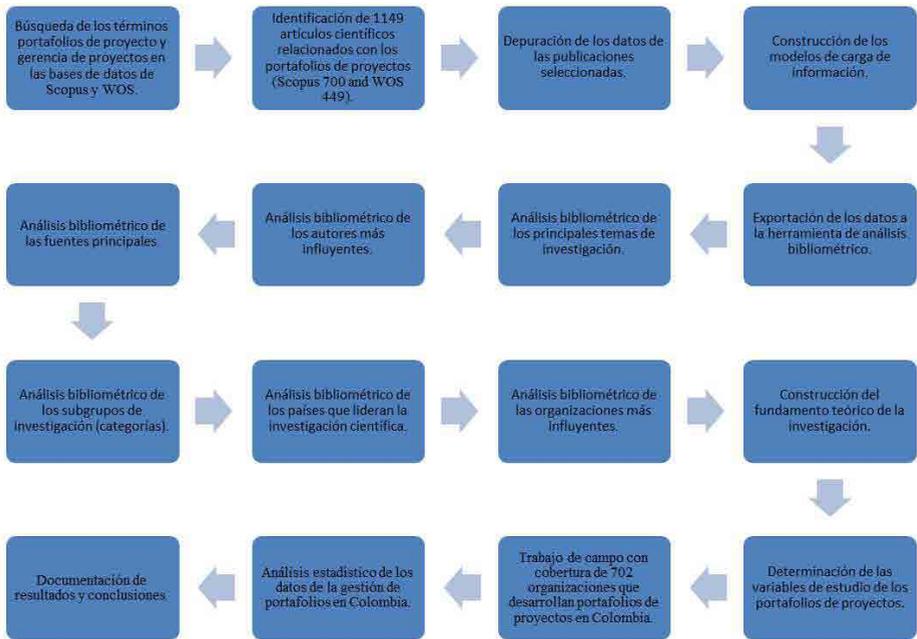


Fig. 26: Metodología de investigación.

Fuente: El autor (2020).

En la Tabla 1., se encuentran los elementos de estudio definidos e integrados en el modelo para la gestión de portafolios de proyectos en el contexto organizacional colombiano.

Tabla 1: Propuesta de modelo integrado de gestión de portafolios para el contexto empresarial colombiano.

Fuente	Elementos de la gestión de portafolios	Variables de estudio*
Ahmadi-Javid, Fatemina & Gemünden (2020)	Gestión de portafolios y planeación de riesgos.	Gestión de portafolios (Pf Total) y planeación de riesgos (Pf 4).
Albano, Baptista, Armellini, Jugend & Soler, (2019)	Selección proyectos para portafolios.	Selección proyectos para portafolios (Pf 1).
Aubry & Lenfle (2012)	Proyectización.	Gestión de portafolios (Pf Total).
Beaume, Maniak & Midler (2009)	Gestión de portafolios en la industria automovilística.	Gestión de portafolios (Pf Total).

Fuente	Elementos de la gestión de portafolios	Variables de estudio*
Beringer, Jonas & Gemuenden (2012)	Gestión de portafolios y stakeholders.	Gestión de portafolios (Pf Total).
Beringer, Jonas & Kock (2013)	Gestión de portafolios, stakeholders, éxito.	Gestión de portafolios, stakeholders, (Pf Total) y éxito (Pf 5).
Brones & Monteiro (2015)	Gestión de portafolios en la industria del eco-diseño.	Gestión de portafolios (Pf Total).
Clegg, Killen, Biesenthal & Sankaran (2018)	Prácticas, proyectos y portafolios.	Prácticas, proyectos (Pf 1) y Gestión de portafolios (Pf Total).
Cooper (2006)	Gestión de portafolios en la industria de la tecnología.	Gestión de portafolios (Pf Total).
Cooper & Edgett (2003)	Gestión de portafolios en el desarrollo de nuevos productos.	Gestión de portafolios (Pf Total) y (Pf 5).
Cooper & Edgett (2008)	Gestión de portafolios en la innovación de productos.	Gestión de portafolios (Pf Total) y (Pf 5).
Cooper & Sommer (2020)	Gestión de portafolios con enfoque ágil.	Gestión de portafolios (Pf Total).
Cooper, Edgett & Kleinschmidt (1997)	Gestión de portafolios en el desarrollo de nuevos productos.	Gestión de portafolios (Pf Total) y (Pf 5).
Cooper, Edgett & Kleinschmidt (2000)	Gestión de portafolios y eficiencia.	Gestión de portafolios (Pf Total) y eficiencia (Pf 4).
Cooper, Edgett & Kleinschmidt (2002)	Selección de proyectos en el portafolio y gestión por etapas.	Selección de proyectos en el portafolio (Pf 1) y gestión por etapas (Pf 2).
De Carvalho, Lopes & Marzagão (2013)	Gestión de portafolios de proyectos.	Gestión de portafolios (Pf Total).
De Castro & de Carvalho (2010 a)	<i>Project Portfolio Management</i> (PPM), gestión de portafolios de proyectos.	PPM (Pf 1) y gestión de portafolios (Pf Total).
De Castro & de Carvalho (2010 a)	Gestión de portafolios de proyectos.	Gestión de portafolios (Pf Total).
Dutra, Ribeiro & De Carvalho (2014)	Selección y priorización de proyectos en un portafolio.	Selección (Pf 1) y priorización de proyectos en un portafolio (Pf 4).
Ekrot, Rank & Gemünden (2016)	Comportamiento, autoestima y compromiso en los portafolios de proyectos.	Comportamiento, autoestima y compromiso en los portafolios de proyectos (Pf 5).
Ekrot, Rank & Gemünden (2018)	Retención y satisfacción de los gerentes de proyectos en el apoyo organizacional de portafolios.	Apoyo organizacional (Pf 5).

Fuente	Elementos de la gestión de portafolios	Variables de estudio*
Ferrarese & De Carvalho (2014)	Tiempo de entrega del portafolio de proyectos.	Tiempo de entrega del portafolio de proyectos (Pf 2).
Gemünden, Lehner & Kock (2018)	Organizaciones orientadas a proyectos y gestión de portafolios.	Organizaciones orientadas a proyectos (Pf 1) y gestión de portafolios (Pf Total).
Jonas (2010)	Empoderando a los gerentes de portafolios de proyectos.	Gerentes de portafolio (Pf 5).
Jugend & Figueiredo (2017)	Gestión de portafolios de proyectos y la sostenibilidad ambiental.	Gestión de portafolios (Pf Total) y la sostenibilidad ambiental (Pf 5).
Jugend, Barbalho & da Silva (2015)	Contribución de las PMO a la gestión de portafolios.	PMO (Pf 4) y gestión de portafolios (Pf Total).
Keil, Rai & Liu (2013)	Gestión de riesgos y gestión de portafolios en la industria de TI.	Gestión de riesgos (Pf 4) y gestión de portafolios (Pf Total).
Killen (2013)	Evaluación de las interdependencias entre los proyectos al interior de un portafolio.	Evaluación de las interdependencias entre los proyectos al interior de un portafolio (Pf 3).
Killen & Hunt (2010)	Capacidad dinámica en la gestión de portafolios de proyectos.	Gestión de portafolios (Pf Total).
Killen & Hunt (2013)	Gestión robusta de portafolios de proyectos.	Gestión de portafolios (Pf Total).
Killen & Kjaer (2012)	Interdependencias entre los proyectos de un portafolio.	Interdependencias entre los proyectos de un portafolio (Pf 3).
Killen, Galdi & Kock (2020)	Toma de decisiones en la gestión de portafolios.	Toma de decisiones en la gestión de portafolios (Pf 4).
Killen, Hunt & Kleinschmidt (2008)	Inversiones y capacidades organizacionales en la gestión de portafolios de proyectos.	Inversiones (Pf 1) y capacidades organizacionales (Pf 5) en la gestión de portafolios de proyectos (Pf Total).
Killen, Jugdev, Drouin & Petit (2012)	Gestión avanzada de proyectos y portafolios.	Gestión avanzada de proyectos (Pf 1) y portafolios (Pf Total).
Kock & Gemünden (2019)	Gestión de proyectos y el éxito de los portafolios.	Gestión de proyectos (Pf 1) y el éxito de los portafolios (Pf 5).
Kock, Heising & Gemünden (2016)	Gestión de la contingencia en el éxito de los portafolios.	Gestión de la contingencia (Pf 3) en el éxito de los portafolios (Pf 5).
Kock, Schulz, Kopmann & Gemünden (2020)	Sistemas de información en la gestión de portafolios de proyectos.	Sistemas de información en la gestión de portafolios de proyectos (Pf 4).
Kopmann, Kock, Killen & Gemunden (2015)	El caso de negocios en la gestión de portafolios de proyectos.	El caso de negocios (Pf 1) en la gestión de portafolios de proyectos (Pf Total).

Fuente	Elementos de la gestión de portafolios	Variables de estudio*
Kopmann, Kock, Killen & Gemunden (2017)	El rol de gerente de portafolios.	Gerentes de portafolio (Pf 5).
Korhonen, Laine & Martinsuo (2014)	Gestionando y controlando la incertidumbre en los portafolios de proyectos.	Incertidumbre (Pf 4) y gestión de portafolios de proyectos (Pf Total).
Liu & Deng (2015)	Gestión de riesgos en el desempeño de los portafolios de TI.	Gestión de riesgos (Pf 4) en el desempeño de los portafolios (Pf 5).
Liu & Wang (2014)	Control en los portafolios de proyectos de TI.	Control en los portafolios de proyectos (Pf 4).
Liu, Wang & Huang, (2017)	Efecto del control de los procesos y resultados en la gestión de portafolios.	Efecto del control de los procesos (Pf 4) y resultados en la gestión de portafolios (Pf 5).
Luiz, O, Souza, Luiz, J. Jugend, Salgado & Silva (2019)	Impacto de la cadena crítica en los portafolios de proyectos y su desempeño.	Roadmap de portafolio (Pf 2) y desempeño (Pf 5).
Maniak & Midler (2014)	Gestión de multiproyectos en portafolios.	Gestión de portafolios (Pf Total).
Martinsuo (2013)	La gestión de portafolios de proyectos en práctica y contexto.	Gestión de portafolios (Pf Total) y plan de gestión del portafolio (Pf 3).
Martinsuo & Lehtonen (2007)	El rol de la gerencia de proyectos en alcanzar la eficiencia de la gestión de portafolios.	Gerencia de proyectos (Pf 1) y eficiencia de la gestión de portafolios (Pf 5).
Martinsuo, Korhonen & Laine (2014)	Identificando, cultivando y gestionado incertidumbres en los portafolios de proyectos.	Incertidumbre (Pf 4).
Marzagã, & de Carvalho (2014)	Errores en la gestión de portafolios de proyectos desde una perspectiva cualitativa.	Gestión de portafolios (Pf Total).
Midler (2013)	Implementación de una estrategia disruptiva en la gestión de portafolios de proyectos.	Estrategia (Pf 1) y gestión de portafolios (Pf Total).
Midler (2019)	Desarrollo innovador de proyectos y portafolios.	Gerencia de proyectos (Pf 1) y gestión de portafolios (Pf Total).
Midler, Maniak & de Campigneulles (2019)	Gestión de programas y portafolios en la industria de la movilidad autónoma.	Gerencia de programas (Pf 1) y gestión de portafolios (Pf Total).
Nguyen, Killen, Kock & Gemünden (2018)	El efecto del caso de negocios en la gestión de portafolios de proyectos.	El caso de negocios (Pf 1) en la gestión de portafolios de proyectos (Pf Total).

Fuente	Elementos de la gestión de portafolios	Variables de estudio*
Paula Pinheiro, Jugend, Demattê Filho, & Armellini (2018)	Gestión de portafolios de proyectos con enfoque de ecodiseño.	Gestión de portafolios (Pf Total).
Rank, Unger & Gemünden (2015).	Preparación para el futuro de la gestión de portafolios de proyectos.	Gestión de portafolios (Pf Total).
Schultz, Graw, Salomo & Kock (2019)	La gestión de proyectos y la alta dirección y su efecto en la gestión de portafolios.	Gestión de portafolios (Pf Total).
Schultz, Salomo, De Brentani & Kleinschmidt (2013)	El control y su influencia en la toma de decisiones y desempeño de los portafolios de proyectos.	Control (Pf 4), selección (Pf 1), y desempeño (Pf 5).
Teller & Kock (2013)	La influencia de la gestión de riesgos en el éxito de los portafolios de proyectos.	Riesgos (Pf 4) y éxito de los portafolios de proyectos (Pf 5).
Teller, Kock & Gemünden (2014)	Gestión de riesgos en los portafolios de proyectos.	Gestión de riesgos (Pf 4) en los portafolios de proyectos (Pf Total).
Teller, Unger, Kock & Gemünden (2012)	Formalización de la gestión de portafolios de proyectos.	Gestión de portafolios (Pf Total).
Unger, Gemünden & Aubry (2012)	Los 3 tipos de oficinas de gestión de portafolios y su impacto en la ejecución y el éxito de la gestión de portafolios.	PMO (Pf 4), éxito (Pf 5) y gestión de portafolios (Pf Total).
Unger, Kock, Gemünden & Jonas (2012)	Reforzando el enfoque estratégico en la gestión de portafolios de proyectos.	Estrategia (Pf 1) y gestión de portafolios (Pf Total).
Unger, Rank & Gemünden (2014)	La cultura de innovación corporativa y las dimensiones del éxito de la gestión de portafolios.	Apoyo organizacional y éxito de los portafolios de proyectos (Pf 5).
Voss & Kock (2013)	El impacto de la relación de valor en el éxito de los portafolios de proyectos.	Valor y éxito de los portafolios de proyectos (Pf 5).
Vuorinen & Martinsuo (2019)	La coordinación de los equipos en la gestión de proyectos repetitivos en un portafolio.	Apoyo organizacional (Pf 5) y gestión de portafolios (Pf Total).
Wang, Kunc & Bai (2017)	Realizando valor desde la implementación de portafolios de proyectos bajo incertidumbre.	Valor (Pf 5) e incertidumbre (Pf 4).

Fuente	Elementos de la gestión de portafolios	Variables de estudio*
Scopus (2020)	Portafolio, gestión de portafolios, portafolios de proyectos, gerencia de proyectos.	Inversiones (Pf 1), procesamiento de datos financieros (Pf 1), toma de decisión (Pf 1), gestión de portafolios de proyectos (Pf Total), gestión de portafolios (Pf Total), planeación estratégica (Pf 1), y evaluación de riesgos (Pf 4).
WOS (2020)	Portafolio, gestión de portafolios, portafolios de proyectos, gerencia de proyectos.	Desempeño (Pf 4), gestión de portafolio (Pf Total), gestión (Pf Total), éxito (Pf 5), gestión de portafolio de proyectos (Pf Total), impacto (Pf 5), y estrategia (Pf 1).
PMBOK (PMI, 2017 a, p. 13).	Un portafolio “hace referencia a proyectos, programas, subportafolios y operaciones administradas en grupo, con el fin de alcanzar objetivos estratégicos” “Los programas o proyectos de un portafolio no necesariamente deben ser interdependientes o directamente relacionados” (PMI, 2017 a, p. 15)	Selección de componentes del portafolio, desarrollo del portafolio chárter, y alineación estratégica del portafolio y sus componentes (Pf 1).
Estándar para la gestión de portafolios (PMI, 2017 b).	Gestión de portafolios de proyectos.	Selección de componentes del portafolio, desarrollo del portafolio chárter, y alineación estratégica del portafolio y sus componentes (Pf 1). Creación del roadmap del portafolio (Pf 2). Desarrollo del plan de gestión del portafolio, generación de la lista de componentes del portafolio (proyectos, programas y operaciones) (Pf 3).

Fuente	Elementos de la gestión de portafolios	Variables de estudio*
		<p>Asignación de prioridades a los proyectos y programas del portafolio, generación de reportes de portafolio y de sus componentes, gestión del cambio en el portafolio de proyectos (Pf 4).</p> <p>Documentación de lecciones aprendidas, cierre de los componentes del portafolio, migración de los resultados del portafolio a operaciones, gestión de beneficios del portafolio, cierre del portafolio (Pf 5).</p> <p>Gestión de portafolios (Pf Total).</p>
Estándar para la gestión de programas (PMI, 2017 c).	<p>“Los programas son elementos comunes de los portafolios, desarrollados con el propósito de entregar beneficios importantes para los objetivos estratégicos de una organización” (PMI, 2017 c, p. 7).</p> <p>“Los programas y proyectos son elementos significativos del portafolio de una organización, los cuales son gestionados para producir resultados y salidas requeridos para los objetivos estratégicos de la organización” (PMI, 2017 c, p. 7).</p>	Selección de componentes del portafolio, desarrollo del portafolio chárter, y alineación estratégica del portafolio y sus componentes (Pf 1).
Gobernanza de portafolios, programas y proyectos PMI (2016)	<p>La gobernanza de portafolios, programas y proyectos se enfoca en supervisar y aprobar el marco de referencia, las funciones, y los procesos para proporcionar los lineamientos y la toma de decisión para portafolios, programas y proyectos (PMI, 2016, p. 4).</p> <p>Un portafolio existe para alcanzar metas estratégicas y operacionales (PMI, 2016, p. 40).</p> <p>El éxito de un portafolio es medido por la optimización de las inversiones y el desempeño del portafolio (PMI, 2016, p. 40).</p>	<p>Gobernanza de portafolio (Pf 1), (Pf 3), y (Pf 4).</p> <p>Toma de decisión (Pf 1).</p> <p>Estrategia (Pf 1).</p> <p>Éxito y desempeño (Pf 5).</p>

Fuente	Elementos de la gestión de portafolios	Variables de estudio*
OPM3 (PMI, 2013 a, p. 7)	<p>La gestión de portafolios hace referencia al manejo centralizado de uno o más portafolios para alcanzar objetivos estratégicos.</p> <p>La gestión de portafolios se enfoca en asegurar que los proyectos y programas son revisados para priorizar la asignación de recursos, y que este es consistente con y alineado con las estrategias organizacionales.</p>	<p>Estrategia (Pf 1).</p> <p>Selección de componentes del portafolio, y alineación estratégica del portafolio y sus componentes (Pf 1).</p> <p>Capacidades organizacionales (Pf 5).</p>
Navegando la Complejidad (PMI, 2014, p. 4)	<p>La gestión de portafolios es un elemento fundamental para navegar por la complejidad.</p> <p>La gestión de portafolios permite a la organización apalancar la selección de proyectos y programas y facilita su ejecución exitosa.</p>	<p>Selección de componentes del portafolio, y alineación estratégica del portafolio y sus componentes (Pf 1).</p> <p>Éxito y desempeño (Pf 5).</p>
Pulse of the profession, in depth report: Portfolio Management (PMI, 2013 b)	<p>Elevar la gestión de portafolios al nivel estratégico.</p> <p>Crear una cultura pensada en portafolios.</p> <p>Implementar las técnicas y prácticas apropiadas para estandarizar la gestión de portafolios.</p>	<p>Estrategia (Pf 1).</p> <p>Capacidades organizacionales (Pf 5).</p> <p>Técnicas y prácticas apropiadas para estandarizar la gestión de portafolios (Pf Total).</p>
ISO (2012, p6) ISO 21500	<p>Un portafolio de proyectos es un conjunto de proyectos, programas y otro tipo de trabajos que se agrupan para facilitar la gestión eficaz de dicho trabajo de modo que se cumplan las metas estratégicas.</p> <p>Es la gestión centralizada de uno o más portafolios de proyectos, que incluye la identificación, el establecimiento de prioridades, la autorización, la dirección y el control de los proyectos, programas y otros trabajos para lograr determinadas metas estratégicas.</p>	<p>Selección de componentes del portafolio (Pf 1).</p> <p>Estrategia (Pf 1).</p> <p>Desarrollo del plan de gestión del portafolio, generación de la lista de componentes del portafolio (proyectos, programas y operaciones) (Pf 3).</p> <p>Asignación de prioridades a los proyectos y programas del portafolio (Pf 4).</p>

Fuente	Elementos de la gestión de portafolios	Variables de estudio*
IPMA (2015, p 27) ICB4	Un portafolio es un grupo de proyectos y programas, los cuales no necesariamente están relacionados, reunidos para obtener un óptimo uso de los recursos de la organización y para alcanzar las metas estratégicas de la organización al mismo tiempo que se minimiza el riesgo.	Selección de componentes del portafolio (Pf 1). Estrategia (Pf 1). Riesgos (Pf 4).
APM (2019, 62) APMBOK	Los portafolios son grupos de proyectos y/o programas gestionados a nivel organizacional o funcional con el propósito de seleccionar, priorizar y controlar desarrollo en línea con los objetivos estratégicos. El propósito de la gestión de portafolios es balancear las iniciativas de cambio y las actividades del negocio del día a día optimizando el retorno de la inversión.	Selección de componentes del portafolio (Pf 1). Estrategia (Pf 1). Prioridades y gestión del cambio (Pf 4). Inversiones (Pf 1).

Fuente: El autor (2020).

4. RESULTADOS

Las variables descritas en la Tabla 1., fueron introducidas en el software estadístico R, y un análisis de componentes principales (PCA) fue ejecutado. Dos dimensiones fueron identificadas en el mapa de factores: la primera acumuló un 66.97% de la dispersión, y la segunda un 11.80 %, ambas dimensiones acumularon un 78.77% de la dispersión en el análisis (ver Figura 27).

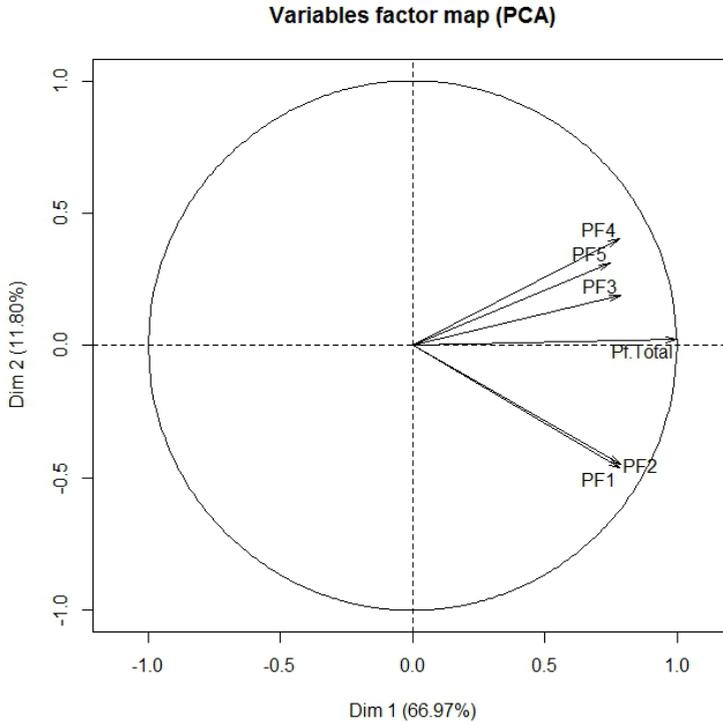


Fig. 27: Mapa de variable de factores PCA de la gestión de portafolios en Colombia.

Fuente: El autor (2020).

Una vez el instrumento de recolección de información fue aplicado a las 702 organizaciones de diferentes sectores organizacionales del país, se procesó la información. Posteriormente, un *clustering* jerárquico fue desarrollado, donde se identificó un corte óptimo de 3 elementos de agrupación, para caracterizar el comportamiento de la gestión de portafolios de proyectos en Colombia (ver Figura 28).

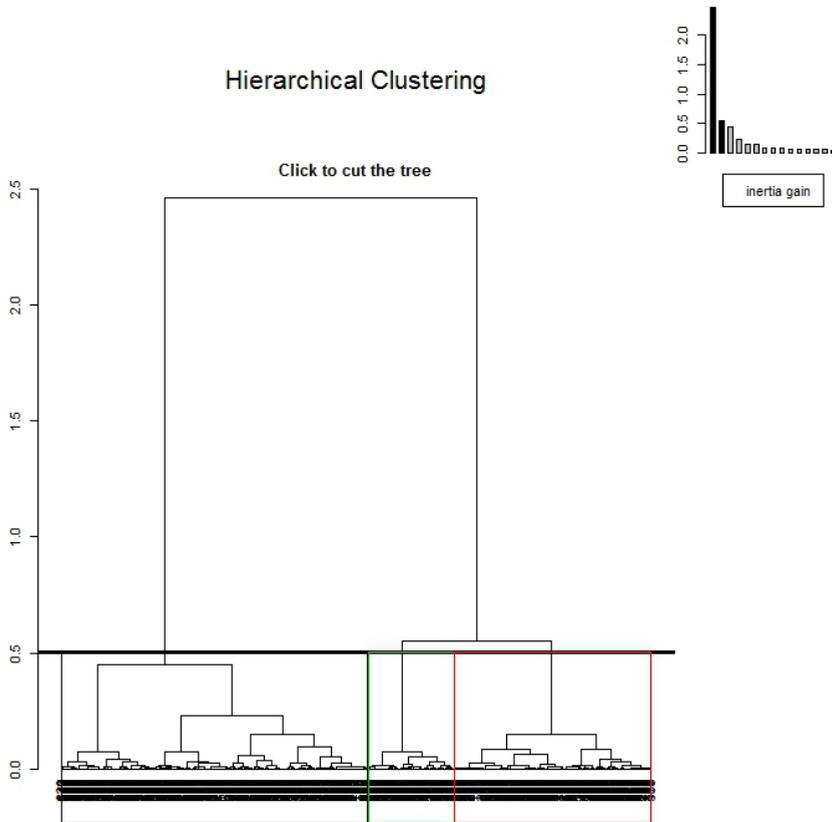


Fig. 28: Clústers jerárquico de la gestión de portafolios en Colombia.

Fuente: El autor (2020).

Seguidamente, se desarrolló un mapa de factores principales de los *clusters* jerárquicos con el fin de identificar, visualmente, la homogeneidad de cada uno de los elementos pertenecientes a una agrupación, y la heterogeneidad con los de otros grupos. Los elementos del *clúster* 1 se identificaron en color negro, los del grupo 2 en color rojo, y los de la clase 3 en color verde (ver Figura 29).

Hierarchical clustering on the factor map

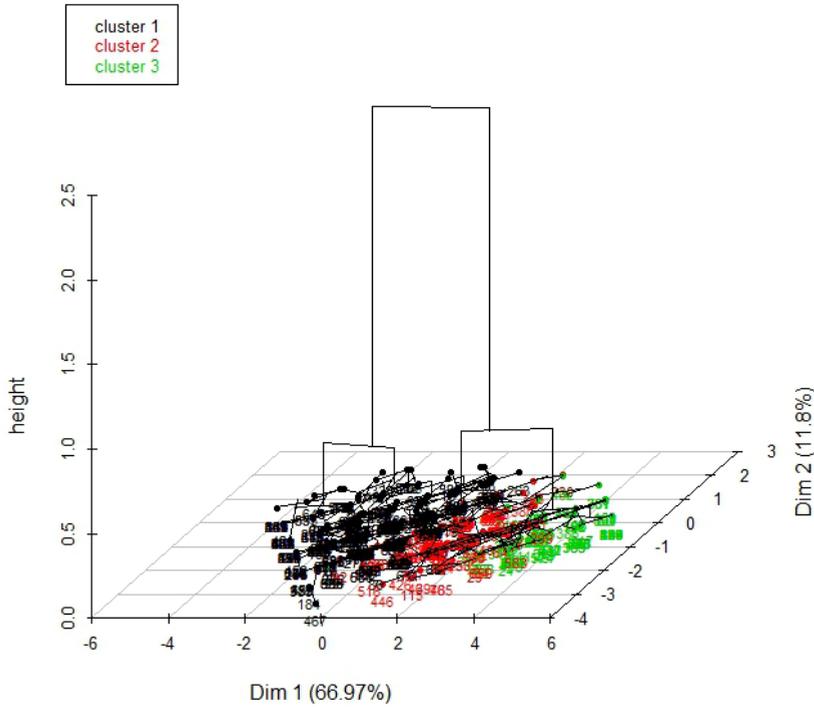


Fig. 29: Clústers jerárquico en el mapa de factores de la gestión de portafolios en Colombia.

Fuente: El autor (2020).

Adicionalmente, se desarrolló un diagrama *boxplot* para la variable Pf Total, para los 3 *clusters* de la gestión de portafolios de proyectos en Colombia. En esta ilustración se pudo identificar, visualmente, una clara diferenciación en el comportamiento de las organizaciones de cada grupo en la ejecución de este tipo de iniciativas en el país (ver Figura 30).

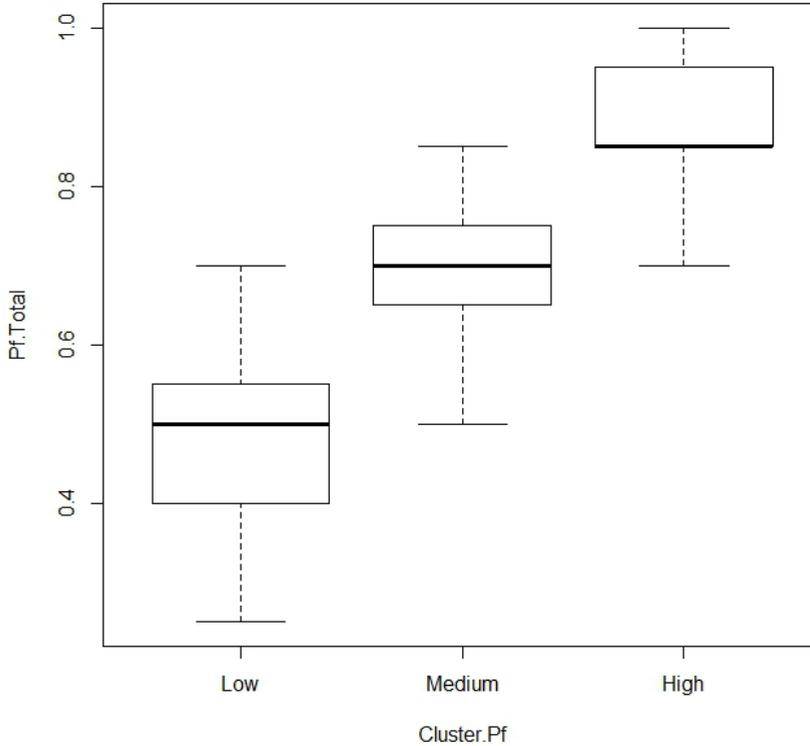


Fig. 30: *Boxplot* de los *clusters* de la gestión de portafolios en Colombia.

Fuente: El autor (2020).

Una vez los *clusters* fueron determinados, se ejecutó un análisis de varianza en el software estadístico R (ver resultado del *Anova test* en la Figura 31), con un nivel de significancia del ($\alpha=0.05$). Se identificó un $p_value \approx 0.00$ (ver Tabla 2), lo que evidencia directo rechazo de la hipótesis de la igualdad de las medidas entre los *clusters*. Por lo anterior, las agrupaciones del estudio muestran diferentes niveles de desempeño en la gestión de portafolios de proyectos, y la clasificación adelantada en esta investigación, discrimina, perfectamente, las organizaciones analizadas.

```

> summary(AnovaModel.1)

Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Cluster.Pf 2 14.652 7.326 1023 <2e-16 ****
Residuals 699 5.005 0.007

---
Signif. codes: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> with(Dataset, numSummary(Pf.Total, groups=Cluster.Pf,
statistics=c("mean", "sd")))

mean sd data:n
Low 0.4876712 0.10142556 365
Medium 0.6891026 0.05557779 234
High 0.8839806 0.07283260 103

```

Fig. 31: *Anova Test* de la gestión de portafolios en Colombia, en el software estadístico R.

Fuente: El autor (2020).

Tabla 2: Análisis de varianza.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Mean square	F	P_value
Clúster	2	14.652	7.326	1023	<2e-16
Residuos	699	5.005	0.007		

Fuente: El autor (2020).

La ausencia de datos *outliers*, la alta variación en la concentración en las dimensiones de estudio en los *clusters* jerárquicos, y la marcada diferencia estadística entre los tres elemento de agrupación, validan el modelo propuesto para la gestión de portafolios de proyectos en el contexto organizacional colombiano.

Con la información obtenida en el trabajo de campo en 702 organizaciones que ejecutan portafolios en Colombia, y con los resultados del análisis estadístico de los datos recolectados, se adelantó una

caracterización y un diagnóstico de cada *clúster* de la gestión de portafolios de proyectos, en el contexto organizacional colombiano. Ver la Tabla 3.

Tabla 3: Análisis de los *clusters* de la gestión de portafolios de proyectos en Colombia.

Clúster	Descripción	Diagnóstico
Bajo	<p>Se evidencian falencias en la gestión de los portafolios de proyectos en aspectos como: una inapropiada selección de componentes del portafolio, pobre uso del portafolio chárter, y falta de alineación con estrategia organizacional.</p> <p>Carencia en el uso de los roadmap de los portafolios, falencias en el plan de gestión del portafolio, ausencia de listas de componentes del portafolio (proyectos, programas y operaciones).</p>	Enfoque reactivo de la gestión de portafolios de proyectos, se evidencian falencias en la selección de componentes, la planificación y la gestión de los portafolios.
Medio	<p>Se evidencia una estructurada gestión de los portafolios de proyectos, en aspectos como: una apropiada selección de componentes del portafolio, uso del portafolio chárter, y alineación con estrategia organizacional.</p> <p>Uso de los roadmap de los portafolios, de los planes de gestión del portafolio, y de las listas de componentes del portafolio (proyectos, programas y operaciones).</p> <p>Asignación de prioridades a los proyectos y programas del portafolio, generación de reportes de portafolio y de sus componentes, gestión del cambio en el portafolio de proyectos.</p>	Gestión estructurada de los portafolios de proyectos, se evidencia el uso de técnicas y herramientas de <i>Portfolio Management</i> en la ejecución de este tipo de iniciativas.
Alto	<p>Se evidencia una gestión estratégica de los portafolios de proyectos, en aspectos como: uso extensivo de elementos de definición, planeación, seguimiento y control de los portafolios y de sus componentes.</p> <p>Documentación de lecciones aprendidas, cierre de los componentes del portafolio, migración de los resultados del portafolio a operaciones, gestión de beneficios del portafolio, y cierre del portafolio (cuando corresponde).</p>	Gestión estratégica de los portafolios de proyectos, se evidencia el uso de técnicas y herramientas avanzadas de <i>Portfolio Management</i> en la ejecución de este tipo de iniciativas.

Fuente: El autor (2020).

5. DISCUSIONES

El fundamento teórico identificó los principales conceptos relacionados con la gestión de portafolios de proyectos, los cuales fueron vinculados a la metodología del estudio.

La metodología de investigación permitió establecer los elementos necesarios para analizar y proponer un modelo de gestión de portafolios de proyectos para el contexto organizacional colombiano.

Los resultados obtenidos del trabajo de campo, donde se estudiaron 702 organizaciones que desarrollan portafolios de proyectos, en el contexto organizacional colombiano, así como el detallado análisis estadístico con altos niveles de significancia, confirman el rigor de la investigación desarrollada y de los resultados obtenidos en este trabajo.

El modelo propuesto para la gestión de portafolios de proyectos se basó en una sólida fundamentación teórica, a partir de una extensa revisión de literatura relevante, sobre los portafolios de proyectos. Así mismo, las variables de estudio, incorporadas en dicho modelo, reflejan los aspectos más significativos de la gestión de portafolios, desde las publicaciones científicas y los cuerpos del conocimiento más relevantes de la disciplina.

Por lo anterior, el modelo propuesto hace una contribución significativa al conocimiento científico de la gerencia de proyectos del país mediante un aporte desde la investigación aplicada, que le permite a las organizaciones colombianas que implementen una mejor gestión de portafolios de proyectos.

6. CONCLUSIONES

La presente investigación, involucró un detallado análisis cuantitativo de 1149 artículos científicos en los principales *journals* relacionados con la gestión de portafolios de proyectos. Junto con los cuerpos del conocimiento del *Project Management* relacionados con esta temática, se elaboró la fundamentación teórica, sobre la cual se construyó el modelo propuesto para la gestión de portafolios de proyectos. Un extenso trabajo de campo con cobertura de 702 organizaciones

del contexto organizacional colombiano, que ejecutan portafolios de proyectos, mediante el desarrollo de entrevistas a *stakeholders* clave de los portafolios, al interior de dichas organizaciones, las cuales fueron seleccionadas de manera aleatoria. Un detallado análisis estadístico, con altos niveles de significancia, fue conducido, y los *clusters* de la gestión de portafolios de proyectos en Colombia fueron identificados. Todo lo anterior, desde un enfoque científico, confirma la validez del análisis y del modelo propuesto para la gestión de portafolios de proyectos en Colombia, y establece la contribución significativa sobre este tipo de iniciativas para la gerencia de proyectos del país. Como futuras líneas de investigación, se propuso el desarrollo de este tipo de estudios en otros contextos geográficos con el propósito de desarrollar análisis comparativos y de correlación sobre la gestión de portafolios de proyectos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A., Rincón-González, C. H., Nieto, L., Rodríguez, Á., Romero, F. & Fajardo, J. (2020). “Propuesta para la creación de una oficina de gestión de proyectos (PMO) en una compañía del sector downstream en Colombia” Modelos, metodologías y sistemas de gestión de proyectos. p. 156-170, ISBN 978-958-756-614-7 Ediciones EAN. Bogotá, Colombia.
- Ahmadi-Javid, A., Fatemina, S. H., & Gemünden, H. G. (2020). A Method for Risk Response Planning in Project Portfolio Management. *Project Management Journal*, 51(1), 77-95. <https://doi.org/10.1177/8756972819866577>
- Albano, T. C. L., Baptista, E. C., Armellini, F., Jugend, D., & Soler, E. M. (2019). Proposal and Solution of a Mixed-Integer Nonlinear Optimization Model That Incorporates Future Preparedness for Project Portfolio Selection. *IEEE Transactions on Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/TEM.2019.2920331>
- Ángel, L. Landínez, G. Ojeda, L. Quirós, J. Vera, D. & Rincón-González, C. H. (2019). “Modelo Integrado de Gerencia de Proyectos de Interventoría de Tics en el Ministerio de Educación Nacional”,

Investigación en administración y desarrollo de la MIPYME, ISBN 978-958-790-341-6, p. 2468 – 2487. Santa Marta, Colombia.

APM. (2019). APMBOK 7th Edition. Buckinghamshire. UK.

Aubry, M., & Lenfle, S. (2012). Projectification: Midler's footprint in the project management field. *International Journal of Managing Projects in Business*, 5(4), 680-694. <https://doi.org/10.1108/17538371211268997>

Bautista Lancheros, S. & Rincón-González, C. H. (2017). "Modelo de madurez de PMO en la industria de grifería en Colombia". *Investigación en Administración y su impacto en comunidades académicas internacionales* – ISBN 978-958-772-874-3. Bogotá, Colombia.

Beaume, R., Maniak, R., & Midler, C. (2009). Crossing innovation and product projects management: A comparative analysis in the automotive industry. *International Journal of Project Management*, 27(2), 166-174. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.09.004>

Beringer, C., Jonas, D., & Gemuenden, H. G. (2012). Establishing Project Portfolio Management: An Exploratory Analysis of the Influence of Internal Stakeholders' Interactions. *PROJECT MANAGEMENT JOURNAL*, 43(6), 16-32. <https://doi.org/10.1002/pmj.21307>

Beringer, C., Jonas, D., & Kock, A. (2013). Behavior of internal stakeholders in project portfolio management and its impact on success. *International Journal of Project Management*, 31(6), 830-846. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.11.006>

Brones, F., & Monteiro De Carvalho, M. (2015). From 50 to 1: Integrating literature toward a systemic ecodesign model. *Journal of Cleaner Production*, 96, 44-57. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.036>

Castro-Silva, Rincón-González & Diez-Silva (2020). "Sustainability on project management. An analysis of the construction industry in Colombia". *The Handbook of Research on Project Management Strategies and Tools for Organizational Success*. Chapter 12. P.

281-304. Hershey, PA: IGI Global. ISBN-13: 9781799819349.
DOI: 10.4018/978-1-7998-1934-9.

- Cifuentes, S., Buenaventura, I., Marroquín, L., Moya, S. & Rincón-González, C.H. (2021). “Modelo Integrado de Gerencia de Proyectos para la Empresa Mab Ingeniería de Valor S.A.”. Los desafíos de las nuevas economías para la investigación en Administración. ISBN 978-958-790-560-1. P. 1582-1607. Ediciones Universidad Externado de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Clegg, S., Killen, C. P., Biesenthal, C., & Sankaran, S. (2018). Practices, projects and portfolios: Current research trends and new directions. *International Journal of Project Management*, 36(5), 762-772. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2018.03.008>
- Cooper, R. G. (2006). Managing technology development projects. *Research Technology Management*, 49(6), 23-31. <https://doi.org/10.1080/08956308.2006.11657405>
- Cooper, R. G., & Edgett, S. J. (2003). Overcoming the crunch in resources for new product development. *Research Technology Management*, 46(3), 48-58. <https://doi.org/10.1080/08956308.2003.11671566>
- Cooper, R. G., & Edgett, S. J. (2008). Maximizing productivity in product innovation. *Research Technology Management*, 51(2), 47-58. <https://doi.org/10.1080/08956308.2008.11657495>
- Cooper, R.G., & Sommer, A.F. (2020). New-Product Portfolio Management with Agile: Challenges and Solutions for Manufacturers Using Agile Development Methods. *Research Technology Management*, 63(1), 29-38. <https://doi.org/10.1080/08956308.2020.1686291>
- Cooper, R. G., Edgett, S. J., & Kleinschmidt, E. J. (1997). Portfolio management in new product development: Lessons from the leaders-II. *Research Technology Management*, 40(6), 43-52. <https://doi.org/10.1080/08956308.1997.11671170>
- Cooper, R. G., Edgett, S. J., & Kleinschmidt, E. J. (2000). New problems, new solutions: making portfolio management more effective.

- Research Technology Management, 43(2), 18-33. <https://doi.org/10.1080/08956308.2000.11671338>
- Cooper, R. G., Edgett, S. J., & Kleinschmidt, E. J. (2002). Optimizing the stage-gate process: What best-practice companies Do-II. *Research Technology Management*, 45(6), 43-49. <https://doi.org/10.1080/08956308.2002.11671532>
- De Carvalho, M. M., Lopes, P. V. B. V. L., & Marzagão, D. S. L. (2013). Project portfolio management: Trends and contributions of literature [Gestão de portfólio de projetos: Contribuições e tendências da literatura]. *Gestao e Producao*, 20(2), 433-453. <https://doi.org/10.1590/s0104-530x2013000200013>
- De Castro, H. G., & de Carvalho, M. M. (2010 a). Project Portfolio Management (PPM): Case studies [Gerenciamento do portfólio de projetos (PPM): Estudos de caso]. *Producao*, 20(3), 303-321. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132010005000044>
- De Castro, H. G., & De Carvalho, M. M. (2010 b). Project portfolio management: An exploratory study on the challenges of its implementation and results [Gerenciamento do portfólio de projetos: Um estudo exploratório]. *Gestao e Producao*, 17(2), 283-296. <https://doi.org/10.1590/s0104-530x2010000200006>
- Díaz-Piraquive, F. & Rincón-González, C. H. (2019). Building knowledge in Project Management from the perspective of collaborative learning. *Proceedings from the XXIII International Congress on Project Management and Engineering, CIDIP 2019*, ISBN-13: 978-84-09-13557-8. P. 300-308. AEIPRO IPMA. Málaga, España. <http://dSPACE.aeipro.com/xmlui/handle/123456789/2259>
- Dutra, C. C., Ribeiro, J. L. D., & De Carvalho, M. M. (2014). An economic-probabilistic model for project selection and prioritization. *International Journal of Project Management*, 32(6), 1042-1055. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.12.004>
- Ekrot, B., Rank, J., & Gemünden, H. G. (2016). Antecedents of project managers' voice behavior: The moderating effect of organiza-

tion-based self-esteem and affective organizational commitment. *International Journal of Project Management*, 34(6), 1028-1042. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.10.011>

Ekrot, B., Rank, J., Kock, A., & Gemünden, H. G. (2018). Retaining and satisfying project managers - antecedents and outcomes of project managers' perceived organizational support. *International Journal of Human Resource Management*, 29(12), 1950-1971. <https://doi.org/10.1080/09585192.2016.1255903>

Ferrarese, A., & De Carvalho, M. M. (2014). Time-to-need: A portfolio tool to balance the time-to-market. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 25(6), 812-826. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2011-0085>

Gemünden, H. G., Lehner, P., & Kock, A. (2018). The project-oriented organization and its contribution to innovation. *International Journal of Project Management*, 36(1), 147-160. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.07.009>

Gómez, D. Rojas, D. Piedrahita, G. Cortés, J. Marín, J. & Rincón-González, C. H. (2019). “Modelo Sostenible para Proyectos de Índice Socio-Ambiental, Basado en Metodologías Tradicionales y Ágiles”, *Investigación en administración y desarrollo de la MIPYME*, ISBN 978-958-790-341-6, p. 2750 – 2781. Santa Marta, Colombia.

Hagan, G., Bower, D. & Smith, N. (2001) *Managing Complex Projects In Multiproject Environments*. School of Civil Engineering, University of Leeds, Leeds, UK.

International Organization for Standardization ISO, Norma internacional 21500 (2012) versión 2012. Ginebra, Suiza.

International Project Management Association (IPMA). (2015). *IPMA Individual Competency Baseline ICB 4*.

Jonas, D. (2010). *Empowering project portfolio managers: How management involvement impacts project portfolio management*

- performance. *International Journal of Project Management*, 28(8), 818-831. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.07.002>
- Jonas, D., Kock, A., & Gemünden, H. G. (2013). Predicting project portfolio success by measuring management quality-a longitudinal study. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 60(2), 215-226. <https://doi.org/10.1109/TEM.2012.2200041>
- Jugend, D., & Figueiredo, J. (2017). Integrating environmental sustainability and project portfolio management: Case study in an energy firm. *Gestao e Producao*, 24(3), 526-537. <https://doi.org/10.1590/0104-530X3451-16>
- Jugend, D., Barbalho, S. C. M., & da Silva, S. L. (2015). Contributions of the project management office to product portfolio management [Contribuições do escritório de projetos à gestão do portfólio de produtos]. *Producao*, 26(1), 190-202. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.134313>
- Keil, M., Rai, A., & Liu, S. (2013). How user risk and requirements risk moderate the effects of formal and informal control on the process performance of IT projects. *EUROPEAN JOURNAL OF INFORMATION SYSTEMS*, 22(6), 650-672. <https://doi.org/10.1057/ejis.2012.42>
- Killen, C. P. (2013). Evaluation of project interdependency visualizations through decision scenario experimentation. *International Journal of Project Management*, 31(6), 804-816. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.09.005>
- Killen, C. P., & Hunt, R. A. (2010). Dynamic capability through project portfolio management in service and manufacturing industries. *International Journal of Managing Projects in Business*, 3(1), 157-169. <https://doi.org/10.1108/17538371011014062>
- Killen, C. P., & Hunt, R. A. (2013). Robust project portfolio management: capability evolution and maturity. *International Journal of Managing Projects in Business*, 6(1), 131-151. <https://doi.org/10.1108/17538371311291062>

- Killen, C. P., & Kjaer, C. (2012). Understanding project interdependencies: The role of visual representation, culture and process. *International Journal of Project Management*, 30(5), 554-566. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.01.018>
- Killen, C. P., Geraldi, J., & Kock, A. (2020). The role of decision makers' use of visualizations in project portfolio decision making. *International Journal of Project Management*, 38(5), 267-277. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2020.04.002>
- Killen, C. P., Hunt, R. A., & Kleinschmidt, E. J. (2008). Learning investments and organizational capabilities: Case studies on the development of project portfolio management capabilities. *International Journal of Managing Projects in Business*, 1(3), 334-351. <https://doi.org/10.1108/17538370810883800>
- Killen, C. P., Jugdev, K., Drouin, N., & Petit, Y. (2012). Advancing project and portfolio management research: Applying strategic management theories. *International Journal of Project Management*, 30(5), 525-538. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2011.12.004>
- Kock, A., & Gemünden, H. G. (2019). Project Lineage Management and Project Portfolio Success. *Project Management Journal*, 50(5), 587-601. <https://doi.org/10.1177/8756972819870357>
- Kock, A., Heising, W., & Gemünden, H. G. (2016). A Contingency Approach on the Impact of Front-End Success on Project Portfolio Success. *Project Management Journal*, 47(2), 115-129. <https://doi.org/10.1002/pmj.21575>
- Kock, A., Schulz, B., Kopmann, J., & Gemünden, H. G. (2020). Project portfolio management information systems' positive influence on performance - the importance of process maturity. *International Journal of Project Management*, 38(4), 229-241. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2020.05.001>
- Kopmann, J., Kock, A., Killen, C. P., & Gemunden, H. G. (2015). Business Case Control in Project Portfolios - An Empirical Investigation of Performance Consequences and Moderating Effects. *IEEE*

- Transactions on Engineering Management, 62(4), 529-543. <https://doi.org/10.1109/TEM.2015.2454437>
- Kopmann, J., Kock, A., Killen, C. P., & Gemünden, H. G. (2017). The role of project portfolio management in fostering both deliberate and emergent strategy. *International Journal of Project Management*, 35(4), 557-570. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.02.011>
- Korhonen, T., Laine, T., & Martinsuo, M. (2014). Management control of project portfolio uncertainty: A managerial role perspective. *Project Management Journal*, 45(1), 21-37. <https://doi.org/10.1002/pmj.21390>
- Liu, S., & Deng, Z. (2015). How environment risks moderate the effect of control on performance in information technology projects: Perspectives of project managers and user liaisons. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION MANAGEMENT*, 35(1), 80-97. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.10.003>
- Liu, S., & Wang, L. (2014). User liaisons' perspective on behavior and outcome control in IT projects Role of IT experience, behavior observability, and outcome measurability. *MANAGEMENT DECISION*, 52(6), 1148-1173. <https://doi.org/10.1108/MD-08-2013-0430>
- Liu, S., Wang, L., & Huang, W. (Wayne). (2017). Effects of process and outcome controls on business process outsourcing performance: Moderating roles of vendor and client capability risks. *EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH*, 260(3), 1115-1128. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.01.020>
- Luiz, O. R., Souza, F. B., Luiz, J. V. R., Jugend, D., Salgado, M. H., & Silva, S. L. (2019). Impact of critical chain project management and product portfolio management on new product development performance. *Journal of Business and Industrial Marketing*, 34(8), 1692-1705. <https://doi.org/10.1108/JBIM-11-2018-0327>
- Maniak, R., & Midler, C. (2014). Multiproject lineage management: Bridging project management and design-based innovation strategy.

- International Journal of Project Management, 32(7), 1146-1156. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.03.006>
- Martinsuo, M. (2013). Project portfolio management in practice and in context. *International Journal of Project Management*, 31(6), 794-803. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.10.013>
- Martinsuo, M., & Lehtonen, P. (2007). Role of single-project management in achieving portfolio management efficiency. *International Journal of Project Management*, 25(1), 56-65. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.04.002>
- Martinsuo, M., Korhonen, T., & Laine, T. (2014). Identifying, framing and managing uncertainties in project portfolios. *International Journal of Project Management*, 32(5), 732-746. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.01.014>
- Marzagão, D. S. L., & de Carvalho, M. M. (2014). Pitfalls in project portfolio management implementation: A quantitative study [Disfunções na implementação da gestão de portfólio de projetos: Um estudo quantitativo]. *Producao*, 24(2), 337-350. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132013005000018>
- Mejía, J. & Rincón-González, C. H. (2018). “Propuesta de implementación de una oficina de proyectos para empresas del sector de la construcción en la ciudad de Montería (Córdoba)”, *Las nuevas tecnologías y los desafíos para la administración*, ISBN 978-958-790-063-7, Cali, Colombia.
- Midler, C. (2013). Implementing a Low-End disruption strategy through multiproject lineage management: The logan case. *Project Management Journal*, 44(5), 24-35. <https://doi.org/10.1002/pmj.21367>
- Midler, C. (2019). Crossing the Valley of Death: Managing the When, What, and How of Innovative Development Projects. *Project Management Journal*, 50(4), 447-459. <https://doi.org/10.1177/8756972819857881>

- Midler, C., Maniak, R., & de Campigneulles, T. (2019). Ambidextrous Program Management: The Case of Autonomous Mobility. *Project Management Journal*, 50(5), 571-586. <https://doi.org/10.1177/8756972819869091>
- Muñoz, L. Landínez, G. Ojeda, L. Quirós, J. Vera, D. & Rincón-González, C. H. (2019). “Modelo Integrado de Gerencia de Proyectos de Interventoría de Tics en el Ministerio de Educación Nacional”, *Investigación en administración y desarrollo de la MIPYME*, ISBN 978-958-790-341-6, pp. 2468 – 2487. Santa Marta, Colombia.
- Otero, J. & Rincón-González, C. H. (2020). “Determination of the minimum requirements of a projectized organization for the assembly of a project management office”. *CONIITI 2020 Bogotá*, Colombia, October 2020. ISBN 978-1-7281-9467-7. pp. 1-6. doi: 10.1109/CONIITI51147.2020.9240455.
- Nguyen, N. M., Killen, C. P., Kock, A., & Gemünden, H. G. (2018). The use of effectuation in projects: The influence of business case control, portfolio monitoring intensity and project innovativeness. *International Journal of Project Management*, 36(8), 1054-1067. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2018.08.005>
- Paula Pinheiro, M. A., Jugend, D., Demattê Filho, L. C., & Armellini, F. (2018). Framework proposal for ecodesign integration on product portfolio management. *Journal of Cleaner Production*, 185, 176-186. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.005>
- Peña, L. Rincón-González, C. H., Sánchez, S. & Gavilán, J. (2018). “Metodología ágil para proyectos de emprendimiento del sector industrial de alimentos en Colombia”, *Las nuevas tecnologías y los desafíos para la administración*, ISBN 978-958-790-063-7, Cali, Colombia.
- Project Management Institute (PMI). (2013 a). *Organizational Project Management Maturity Model OPM3, Third Edition*. Pennsylvania, USA.

- Project Management Institute (PMI). (2013 b). Pulse of the profession, in depth report: Portfolio Management. Pennsylvania, USA.
- Project Management Institute (PMI). (201). Navegando la Complejidad. Pennsylvania, USA.
- Project Management Institute (PMI). (2016). Gobernanza de portafolios, programas y proyectos. Pennsylvania, USA.
- Project Management Institute (PMI). (2017 a). A guide to the Project Management Body of Knowledge - PMBOK® Guide - Sixth Edition. Pennsylvania, USA.
- Project Management Institute (PMI). (2017 b). The Standard for Portfolio Management - Fourth Edition. Pennsylvania, USA.
- Project Management Institute (PMI). (2017 c). The Standard for Program Management - Fourth Edition. Pennsylvania, USA.
- Rank, J., Unger, B. N., & Gemünden, H. G. (2015). Preparedness for the future in project portfolio management: The roles of proactiveness, riskiness and willingness to cannibalize. *International Journal of Project Management*, 33(8), 1730-1743. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.08.002>
- Rincón-González, C. H. (2014 a). “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. (2014 b). Propuesta de estudio de factibilidad con un enfoque basado en PMI e ISO: Un modelo para la evaluación de proyectos. *FACE*, 14, 91- 107. ISSN 1794-9920.
- 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.

- Rincón-González, C. H. (2016). “Análisis de la problemática de la gestión de proyectos: estudio en el contexto empresarial colombiano”. *Revista Ciencias Estratégicas - ISSN 1794-834*, 24, 35, pp. 119-136.
- Rincón-González, C. H. (2017 a). Caracterización de los stakeholders que se relacionan con las Oficinas de Gerencia de Proyectos – fundamento del ecosistema para la gestión de proyectos sostenibles. *Daena*, 12(3), 230-255. ISSN 1870-557X.
- Rincón-González, C. H. (2017 b). “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: 978-958-772-874-3*. Bogotá, Colombia.
- Rincón-González, C. H. (2018 a). “Las oficinas de gerencia de proyectos y su relacionamiento con los stakeholders de los proyectos bajo su supervisión: un estudio en el contexto empresarial colombiano”. *Tópicos gerenciales para la gestión de empresas: una mirada desde la investigación*, pp. 11 – 39, ISBN 978-958-756-590-4. Ediciones EAN. Bogotá, Colombia.
- Rincón-González, C. H. (2018 b). “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, Colombia.
- Rincón-González, C. H. (2018 c). *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. (2019 a). “An analysis and integrated model for managing complex projects in Colombia”. III Congreso Internacional en Dirección y Gestión de Proyectos IIICIDGP 2019 Universidad EAN, Universidad Militar Nueva Granada, Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas y El Green Project Management. Bogotá, Colombia.

- Rincón-González, C. H. (2019 b). “Stakeholder management and the impact on project performance in Colombia”. III Congreso Internacional en Dirección y Gestión de Proyectos IIICIDGP 2019 la Universidad EAN, Universidad Militar Nueva Granada, Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas y El Green Project Management. Bogotá, Colombia.
- Rincón-González, C. H. (2020 a). “Análisis Cienciométrico de la Negociación en el Contexto de los Proyectos”. Gerencia de proyectos e interesados. ISBN 978-958-660-387-4. pp. 9-38. Editorial UPTC, Tunja, Colombia.
- Rincón-González, C. H. (2020 b). “Análisis Cienciométrico de los Equipos de Trabajo en el Contexto de los Proyectos”. Gerencia de proyectos e interesados. ISBN 978-958-660-387-4. pp. 113-150. Editorial UPTC., Tunja, Colombia.
- Rincón-González, C. H. (2020 c). “Los Equipos de Trabajo y su Impacto en el Desempeño de los Proyectos en Colombia”. Gerencia de proyectos e interesados. ISBN 978-958-660-387-4. p p. 39-74. Editorial UPTC., Tunja, Colombia.
- Rincón-González, C. H. (2020 d). “An analysis and integrated model for managing complex projects in Colombia”. La gestión de proyectos sostenibles como herramienta para el fortalecimiento de la competitividad 2020. ISBN 978-958-756-648-2. Ediciones EAN. Bogotá, Colombia.
- Rincón-González, C. H. (2021). “Analysis of Project Management at the Caribbean Region of Colombia”. Los desafíos de las nuevas economías para la investigación en Administración. ISBN 978-958-790-560-1. pp. 1517-1537. Ediciones Universidad Externado de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Rincón-González, C. H. & Aragonés-Beltrán P. (2020). “Scientometric analysis of PMOs and the relationship with the management of projects”. La gestión de proyectos sostenibles como herramienta para el fortalecimiento de la competitividad 2020. ISBN 978-958-756-648-2. Ediciones EAN. Bogotá, Colombia.

- Rincón-González, C. H. & Díaz-Piraquive, F. (2018). Impact analysis of the project management offices in the colombian enterprise context. Proceedings from the 22nd International Congress on Project Management and Engineering (Madrid, July 2018). ISBN-13: 978-84-09-05132-8. pp. 279-291. AEIPRO IPMA. Madrid, España. <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/1569>
- Rincón-González, C. H. & Díaz-Piraquive, F. (2019 a). “Análisis cuantitativo de los stakeholders en la gestión de proyectos”. El talento humano como factor clave en el éxito de los proyectos, pp. 164 - 179, ISBN 978-958-756-617-8 Ediciones EAN. Bogotá, Colombia.
- Rincón-González, C. H. & Díaz-Piraquive, F. (2019 b). Análisis Bibliométrico y de Correlación de la Gestión de los Stakeholders en el desempeño de los proyectos en las Fuerzas Armadas de Colombia. DESAFÍOS EN INGENIERÍA: INVESTIGACIÓN APLICADA, EXPOTECNOLOGÍA 2019, Cartagena - Colombia. ISBN: 890-481-264-1. pp. 341-352.
- Rincón-González, C. H. & Díaz-Piraquive, F. (2019 c). Scientometric analysis of knowledge in the context of project management. Knowledge management in organizations. 14th International conference, KMO 2019 Zamora, Spain, July 2019). ISBN 978-3-030-21450-0. P. 14-24.
- Rincón-González, C. H. & Díaz-Piraquive, F. (2019 d). Scientometric analysis of knowledge in the context of project management. Knowledge management in organizations. 14th International conference, KMO 2019 Zamora, Spain, July 2019). ISSN 1865-0929. pp. 14-24 <https://doi.org/10.1007/978-3-030-21451-7>.
- Rincón-González, C. H. & Díaz-Piraquive, F. (2020). “Impact of project management offices on knowledge management”. The Handbook of Research on Project Management Strategies and Tools for Organizational Success. Chapter 7, pp. 166-195. Hershey, PA: IGI Global. ISBN-13: 9781799819349. DOI: 10.4018/978-1-7998-1934-9.

- Rincón-González, C. H., Díaz-Piraquive, F. & Castro-Silva, H. (2019). Stakeholders impact on the performance of projects in the Colombian Military Forces. Proceedings from the XXIII International Congress on Project Management and Engineering, CIDIP 2019, ISBN-13: 978-84-09-13557-8. pp. 71-83. AEIPRO IPMA. Málaga, España. <http://dspace.aeipro.com/xmlui/handle/123456789/2253>
- Rincón-González, C. H., Díaz-Piraquive, F. & Diez-Silva, M. (2019). Biliometric and impact analysis of the Project Management Offices in Colombia. CONIITI 2019 Bogotá, Colombia, October 2019, pp. 1-6. ISBN 978-1-7281-4746-8 doi: 10.1109/CONIITI48476.2019.8960626
- Rincón-González, C. H., Díaz-Piraquive, F & González-Crespo, R. (2019). Analysis and characterization of project management in the Colombian enterprise context. CONIITI 2019 Bogotá, Colombia, October 2019. ISBN 978-1-7281-4746-8, pp. 1-6. doi: 10.1109/CONIITI48476.2019.8960696
- Rincón-González, C. H., Rueda Varón, M. & Díaz-Piraquive, F. (2019). Determination of the performance levels of project management in Colombia. Proceedings from the XXIII International Congress on Project Management and Engineering, CIDIP 2019, ISBN-13: 978-84-09-13557-8. P. 263-275. AEIPRO IPMA. Málaga, España. <http://dspace.aeipro.com/xmlui/handle/123456789/2391>
- Rodríguez Marrugo, Y., & Rincón-González, C. H. (2020). “Equipos de Trabajo y su Incidencia en los Programas de Pregrado de la Escuela Naval de Colombia”. Gerencia de proyectos e interesados. Editorial UPTC, ISBN 978-958-660-387-4. pp. 231-283.
- Schultz, C., Graw, J., Salomo, S., & Kock, A. (2019). How Project Management and Top Management Involvement Affect the Innovativeness of Professional Service Organizations-An Empirical Study on Hospitals. *Project Management Journal*, 50(4), 460-475. <https://doi.org/10.1177/8756972819857893>
- Sarmiento Rojas, J. A. & Rincón-González, C. H. (2020). Analysis Of The Impact Of The Construction Sector On The Colombian

Economy. Proceedings from the XXIV International Congress on Project Management and Engineering, CIDIP 2020, ISBN- 978-84-09-21128-9. pp. 560-572. AEIPRO IPMA. Alcoí, España. <http://dspace.aeipro.com/xmlui/handle/123456789/2451>

- Schultz, C., Salomo, S., De Brentani, U., & Kleinschmidt, E. J. (2013). How formal control influences decision-making clarity and innovation performance. *Journal of Product Innovation Management*, 30(3), 430-447. <https://doi.org/10.1111/jpim.12009>
- Teller, J., & Kock, A. (2013). An empirical investigation on how portfolio risk management influences project portfolio success. *International Journal of Project Management*, 31(6), 817-829. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.11.012>
- Teller, J., Kock, A., & Gemünden, H. G. (2014). Risk management in project portfolios is more than managing project risks: A contingency perspective on risk management. *Project Management Journal*, 45(4), 67-80. <https://doi.org/10.1002/pmj.21431>
- Teller, J., Unger, B. N., Kock, A., & Gemünden, H. G. (2012). Formalization of project portfolio management: The moderating role of project portfolio complexity. *International Journal of Project Management*, 30(5), 596-607. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.01.020>
- Unger, B. N., Gemünden, H. G., & Aubry, M. (2012). The three roles of a project portfolio management office: Their impact on portfolio management execution and success. *International Journal of Project Management*, 30(5), 608-620. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.01.015>
- Unger, B. N., Kock, A., Gemünden, H. G., & Jonas, D. (2012). Enforcing strategic fit of project portfolios by project termination: An empirical study on senior management involvement. *International Journal of Project Management*, 30(6), 675-685. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2011.12.002>
- Unger, B. N., Rank, J., & Gemünden, H. G. (2014). Corporate innovation culture and dimensions of project portfolio success: The moderating

role of national culture. *Project Management Journal*, 45(6), 38-57. <https://doi.org/10.1002/pmj.21458>

- Vargas, W. & Rincón-González, C. H. (2021). “Propuesta de un Modelo de Gestión de Riesgos para El Proyecto Conjunto Residencial Reina Cecilia Etapa II, en la Ciudad de Tunja”. Los desafíos de las nuevas economías para la investigación en Administración. ISBN 978-958-790-560-1. pp. 1670-1694. Ediciones Universidad Externado de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Voss, M., & Kock, A. (2013). Impact of relationship value on project portfolio success - Investigating the moderating effects of portfolio characteristics and external turbulence. *International Journal of Project Management*, 31(6), 847-861. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.11.005>
- Vuorinen, L., & Martinsuo, M. (2019). Promoting project team coordination in repetitive projects. *Journal of Modern Project Management*, 7(1), 162-177. <https://doi.org/10.19255/JMPM01910>
- Wang, L., Kunc, M., & Bai, S.-J. (2017). Realizing value from project implementation under uncertainty: An exploratory study using system dynamics. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PROJECT MANAGEMENT*, 35(3), 341-352. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.01.009>



Este libro se imprimió
en los talleres gráficos de
Búhos Editores Ltda., en junio
de 2021 con una edición de 200
ejemplares.

Colección de Investigación UPTC N.º 199

La fundamentación teórica en gerencia de proyectos ha tratado de unificar temáticas y requerimientos vinculados a la estandarización de procesos, gestión de interesados, evaluación de requisitos y rendimientos sobre productos o servicios concordantes al cumplimiento de objetivos estratégicos en las organizaciones; con especial intención en la generación, identificación y control de proyectos complejos constituidos por una variedad de tamaños, contextos e interrelaciones que crean un impredecible dinamismo, riesgos e incertidumbres. Por lo anterior, el libro “Gerencia de Proyectos Complejos” se concibe como el resultado de una compilación exhaustiva e innovadora de investigaciones relacionadas con la evaluación de diferentes visiones y nociones sobre los retos y avances en gerencia de proyectos complejos; al abordar temáticas de cadenas de suministros, economía circular, optimización de recursos, iniciativas del sector público y privado, gestión de interesados, desarrollo de software, capacidad y madurez organizacional, administración de instituciones de educación superior, oficinas de proyectos, programas y portafolios; mediante la utilización de instrumentos, revisión literaria, análisis cuantitativos y estadísticos.

En consecuencia, la formulación del presente manuscrito aporta a la reducción de brechas de conocimientos en torno a la complejidad y gerencia de proyectos, para establecer nociones de complejidad desde distintas perspectivas y experiencias en el campo de investigación científica.



Uptc[®]
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS



Dirección de
Investigaciones