

01-037

## DEFINITION OF AN INDEX FOR THE SELECTION OF RESEARCH PROJECTS BASED ON THE ANALYTIC NETWORK PROCESS (ANP)

Poveda Bautista, Rocío<sup>(1)</sup>; Del Río Cortina, Abel<sup>(2)</sup>; Diego Más, José Antonio<sup>(3)</sup>; Redondo, Johan Manuel<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Ingenio (CSIC-UPV), Universitat Politècnica de València, <sup>(2)</sup>Universidad EAN, <sup>(3)</sup>I3B, Institute for Research and Innovation in Bioengineering, Universitat Politècnica de València

The objective of this paper is to define an approval index that would be used by universities in decision making and allocation of financial resources to the projects formulated by their research groups. This index would provide a new strategic management approach, both to the evaluators in the decision-making process during the acceptance phase, and to the researchers in the formulation, execution and closure phases and the projects granted. This research seeks to identify the criteria that will make up this index and prioritize them according to the importance of them with respect to the strategic objectives defined by the university and the extent to which these projects are generators of organizational capabilities that revert to it.

The methodology applied is based on the Analytical Network Process, ANP (Saaty, 1996). This process requires the participation of experts who will identify and qualify the criteria based on the alternatives. The definition of criteria will be based on the success criteria of research projects identified in the literature. On the other hand, the alternatives will be composed of the strategic objectives defined by the university for their research groups.

**Keywords:** *Project selection; Analytical Network Process; decision making; capacity building; strategic objectives*

## DEFINICIÓN DE UN ÍNDICE PARA LA SELECCIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN BASADO EN EL PROCESO ANALÍTICO EN RED (ANP)

El objetivo del presente trabajo es definir un índice de aprobación que sería empleado por las universidades en la toma de decisiones y asignación de recursos financieros a los proyectos formulados por sus grupos de investigación. Este índice aportaría un nuevo enfoque de gestión estratégica, tanto a los evaluadores en la toma de decisiones durante la fase de aceptación, como a los investigadores en las fases de formulación, ejecución y cierre y de los proyectos concedidos. Esta investigación busca identificar los criterios que conformarán dicho índice y priorizarlos en función de la importancia de ellos con respecto a los objetivos estratégicos definidos por la universidad y la medida en que estos proyectos son generadores de capacidades organizacionales que revierten en ella.

La metodología aplicada se basa en el Proceso Analítico en Red, ANP (Saaty, 1996). Este proceso, requiere de la participación de expertos que identificarán y calificarán los criterios en base a las alternativas. La definición de criterios se realizará a partir de los criterios de éxito de proyectos de investigación identificados en la literatura. Por otro lado, las alternativas estarán compuestas por los objetivos estratégicos definidos por la universidad para los grupos de investigación.

**Palabras clave:** *Selección de proyectos; Proceso Analítico en Red; toma de decisiones; generadores de capacidades; objetivos estratégicos;*



©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. INTRODUCCIÓN

Las estrategias de fortalecimiento de la investigación, se construyen en respuesta a las exigencias de la comunidad académica, del sector productivo, y de la sociedad en general. Estas estrategias, marcan pautas en el desarrollo de programas educativos en los que se enmarcan los Sistemas de Ciencia, Tecnología e Innovación (SCTel). Estos sistemas operan como macroestructuras, en las que confluyen diferentes actores que fomentan la generación y aplicación de conocimiento (Hekkert., et al., 2011).

En Colombia, el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación-Colciencias (entidad que se encarga de desarrollar y promover investigaciones en beneficio del progreso científico y tecnológico), ha fomentado el fortalecimiento de la generación y aplicación de conocimiento mediante diferentes programas, actividades y estrategias, lideradas por las instituciones inmersas en actividades de ciencia y tecnología (Hekkert., et al., 2011). Este proceso se desarrolla a partir de los once objetivos estratégicos formulados por Colciencias, que se derivan de la ley 1286 de 2009, desde los que se plantean los diferentes desafíos del SCTel.

Estos objetivos son considerados en los modelos de medición de desempeño de grupos de investigación como medida de la contribución de estos grupos (Colciencias, 2017), a la generación de conocimiento, en un esfuerzo conjunto de las regiones de Colombia (Lemarchand, 2010). Sin embargo, a pesar de estos esfuerzos, se evidencia una gran diferencia entre el desempeño de estos grupos y el de las comunidades científicas de otras naciones, con el liderazgo de Estados Unidos, en el marco de un Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación enfocado en la generación de competitividad (DNP, 2009); el de Reino Unido, con énfasis en la productividad industrial (Porter, 2001); el de Australia, con el desarrollo de emprendimiento de alto impacto (Department for business innovation & Skills, 2014); y el de naciones como Brasil, con el impulso tecnológico a partir del apoyo a la formación doctoral (Australian Government, 2015).

En este sentido, los proyectos de investigación financiados por las Instituciones de Educación Superior en Colombia y desarrollados por los grupos de investigación, sirven de apoyo para lograr la cohesión entre la academia y el sector productivo, mejorando el desempeño de los grupos de investigación, y de los programas académicos relacionados con dichos grupos, permitiendo la contextualización de la generación y adaptación creativa del conocimiento (Colciencias, 2017) e impulsando la generación de capacidades organizacionales (Pfothenauer. et al., 2016; Department for International Development, 2010).

Las capacidades organizacionales hacen referencia a competencias derivadas de una construcción social que se enfocan en la solución de problemas (Dávila, 2013), y que, dentro de la presente investigación, se consideran soporte de los lineamientos estratégicos de las universidades.

La metodología seguida en esta investigación es de carácter explicativo (Hernández, Fernández, y Baptista, 2013), y se basa en tres aspectos fundamentales: la gestión estratégica de proyectos (Resh, 2011), el ciclo de vida desde su formulación al cierre de los proyectos (PMI, 2017), y el proceso de aprobación de los proyectos de investigación en un escenario complejo (Forrester, 1966; Sterman, 2000; Ford, 2011; y Redondo, 2012), contribuyendo a una mejor manera de formular los proyectos. De esta forma, mediante la presente investigación, se define un índice de aprobación que mide la complejidad de los proyectos de investigación en un contexto estratégico. Por ello, en el presente documento, se propone un índice de aprobación de proyectos de investigación que contribuyan a la generación de capacidades organizacionales de los grupos que los llevan a cabo. Este índice de aprobación está compuesto por una serie de criterios, en el marco de la gestión estratégica de proyectos, tomando como base, los factores

críticos de éxito para proyectos de investigación en el campo administrativo (Calderón, et al., 2014). Estos criterios se plantean como indicadores de desempeño de los grupos de investigación a la hora de abordar la gestión de proyectos, y de contribución a los objetivos formulados para los grupos de investigación, por Colciencias (2017), el Consejo Nacional de Acreditación CNA (2013) y por organismos acreditadores internacionales (Guillotín y Mangematin, 2015; MEN, 2014; AACSB, 2012).

Para la construcción del índice de aprobación, se consideró la gestión estratégica de los proyectos y las mejores prácticas en investigación en el campo administrativo a nivel mundial, se identificaron los principales factores críticos de éxito, referenciados en la bibliografía, asociados con la generación de capacidades organizacionales y se analizaron los objetivos de los programas de administración en términos de resultados de investigación. Estos resultados se contrastaron con los parámetros del Consejo Nacional de Acreditación CNA (2013) y de organismos acreditadores internacionales (AACSB, 2012), en conjunto con los parámetros de Colciencias (2017) utilizados como base de los objetivos de los grupos de investigación.

La presente investigación aplica la metodología de proceso analítico de redes ANP propuesta por Saaty (1996). Para ello, se analizaron las variables participantes en el proceso de formulación de proyectos y se construyó la estructura relacional de la red a través de la cual se priorizaron los criterios obteniéndose un peso para cada uno de ellos. El índice de aprobación estará compuesto por los indicadores definidos a través de estos criterios ponderados por los pesos obtenidos en dicha priorización.

El ANP es un método propuesto por (Saaty, 1996). Proporciona un marco para la toma de decisiones o los problemas de medición. Presenta ventajas cuando se trabaja en escenarios con escasa información. ANP generaliza el proceso de modelado del problema de decisión con una red de criterios y alternativas (todos llamados elementos), agrupados en clusters. Todos los elementos de la red pueden estar relacionados de cualquier forma posible, es decir, una red puede incorporar realimentaciones y relaciones de interdependencia dentro y entre clusters. Esto proporciona un modelado preciso de situaciones complejas y permite el tratamiento de situaciones habituales de interdependencia entre los elementos en escenarios de selección de proyectos.

## **2. GESTIÓN ESTRATÉGICA Y CICLO DE VIDA DE LOS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

La gestión estratégica de proyectos de investigación en el campo administrativo se basa en la identificación y manejo de problemas de los agentes sociales y del sistema productivo en el empleo de marcos teóricos y metodologías, y en el análisis de las restricciones de recursos financieros, tecnológicos y físicos que deberá estar presente en los grupos de investigación.

La identificación de talento humano idóneo, con el fin de propender a garantizar una apropiada aproximación a los problemas de las organizaciones, que genere soluciones susceptibles de ser aplicadas por el sistema productivo, es un factor clave en la gestión estratégica de proyectos de investigación. Esto implica, a su vez, incidencia en la formación académica y en la visibilidad nacional e internacional de los proyectos de investigación formulados, permitiendo la generación de conocimiento a través de proyectos de investigación científica, de desarrollo tecnológico y de innovación (Colciencias, 2017). Por ello, es de relevancia estratégica incidir directamente en los parámetros a aplicar a la hora de aprobar los proyectos, teniendo en consideración estas limitaciones de recursos y la necesidad del logro de resultados (Resch, 2011). Además, el éxito de los grupos de investigación en la formulación y realización de proyectos de

investigación, debe servir como medida del desempeño de los investigadores y de los grupos a los que pertenecen.

Por otro lado, los proyectos de investigación en el campo administrativo siguen un esquema de configuración y cierre de características similares a los planteamientos del PMBOK (2017), con una serie de etapas aplicadas por las diferentes facultades con programas en ciencias administrativas, que son: (a) convocatoria institucional, (b) configuración de las propuestas de los proyectos, (c) análisis de las propuestas en las facultades y en el órgano institucional, (d) comunicación de resultados del análisis, (e) ejecución de los proyectos, (f) seguimiento en las facultades y en el órgano institucional, (g) entrega de productos, (h) cierre de los proyectos.

Este esquema de ciclo de vida de los proyectos se relaciona directamente con la estructura de procesos de investigación, que, en la medida en que se encuentran mediados por flujos de recursos, acumulación de resultados, retardos, y realimentaciones, implican la existencia de un escenario complejo (Forrester, 1966; Sterman, 2000; Ford, 2011; y Redondo, 2012). En este entorno complejo en el que se desarrollan los proyectos, el índice de aprobación es una pieza clave de toma de decisiones estratégicas (Resch, 2011), tanto para los evaluadores en la toma de decisiones durante la fase de aceptación, como para los investigadores en las fases de formulación, ejecución y cierre de los proyectos concedidos. Por ello, se considera adecuado el uso de la técnica ANP en la definición del índice de aprobación de estos proyectos, ya que permite el modelado preciso de situaciones complejas y contempla las relaciones de interdependencia existentes entre los diferentes elementos del modelo.

### **3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La efectividad de un grupo de investigación se mide mediante la relación del número de proyectos aprobados con respecto al número de proyectos formulados por dicho grupo. Esta relación se incrementaría al dar respuesta, dentro del proceso de formulación de proyectos, a las exigencias de aprobación definidas por las instituciones universitarias encargadas de distribuir los recursos.

De esta manera, cuanto mejor se encuentren establecidos los parámetros de generación de resultados y, a su vez, las condiciones de utilización de los recursos, las exigencias de aprobación tendrán componentes más objetivos y susceptibles de ser medidos, generando mejores condiciones para la formulación y aprobación de proyectos.

La toma de decisiones, en cuanto a la selección de proyectos, requiere del análisis de una serie de variables, con las cuales se contrastan los proyectos formulados para determinar qué proyectos aportan, desde sus dinámicas, los mejores resultados de acuerdo con los lineamientos estratégicos de las facultades, de los programas académicos y de los grupos de investigación. Por tanto, se considera necesaria la definición de un índice de aprobación como parámetro empleado por las universidades para la toma de decisiones de selección de los proyectos de investigación, considerando la limitación de recursos como condicionante del sistema de investigación.

En este punto, la pregunta de investigación que debe responderse es: ¿Cómo se combinan las variables identificadas para definir un índice de aprobación de proyectos acorde a las expectativas del sistema de investigación?

### **4. DESCRIPCIÓN DEL MODELO ANP Y DISEÑO DE LA METODOLOGÍA**

Para establecer la composición del índice de aprobación, se desarrolló una revisión bibliográfica a partir de los factores críticos de éxito de proyectos de investigación en el campo administrativo, y de los objetivos de gestión estratégica planteados para los

grupos de investigación, sometiendo a juicio de expertos las variables resultantes con el fin de acotar su número.

A partir de estos procesos, se generó la red de influencias y se identificaron las variables del índice representadas por criterios, y a su vez, se identificaron los objetivos de gestión estratégica de los grupos de investigación, sometiendo a calificación de expertos las variables del índice resultante mediante la aplicación de la metodología de Proceso Analítico de Red – ANP (Saaty, 1996; Saaty & Vargas, 2013), con la consecuente priorización de criterios con respecto a los objetivos estratégicos.

Los criterios son las actividades que realizan los grupos de investigación, que se encuentran directamente relacionadas con los proyectos y que contribuyen a la generación de capacidades organizacionales. Los objetivos de gestión estratégica son los parámetros definidos para el diseño de estrategias que contribuyen a la generación de capacidades organizacionales.

### **3.1 Selección de expertos**

El grupo de expertos convocado, estuvo conformado por once docentes investigadores de diferentes Instituciones de Educación Superior de Colombia. Todos los expertos han desarrollado proyectos de convocatoria interna en sus instituciones con los roles de líderes de proyectos y de co-investigadores. Tres han sido líderes de grupos de investigación, dos han liderado oficinas de dirección de investigación y dos han desempeñado funciones de consultores en temas de planificación estratégica y prospectiva, y de sistemas complejos, respectivamente. Dos de los expertos se encuentran familiarizados con las metodologías de gestión de proyectos desarrolladas de acuerdo a diferentes cuerpos de conocimiento y han sido docentes a nivel Doctoral en Gerencia de Proyectos.

Las preguntas del cuestionario de comparación pareada de elementos del modelo ANP fueron respondidas por el Director de Investigaciones de una importante Institución de Educación Superior de Colombia. Este experto está particularmente interesado en manejar mejores parámetros de aprobación de proyectos, y a su vez, en mejorar la formulación y los resultados de los mismos.

### **3.2 Análisis de los factores críticos de éxito:**

El proceso de identificación de variables para el índice de aprobación se inició con el análisis de los factores críticos de éxito, a partir de la búsqueda de artículos en las bases de datos Scopus y Journal Citation Reports mediante el ingreso de términos clave. Esta búsqueda inicial dio como resultados 26 artículos de autores internacionales y nacionales que abordan la productividad de la investigación y los factores críticos de éxito de los proyectos de investigación.

Del proceso anterior, se identificaron 67 términos recurrentes, los cuales, fueron sometidos a análisis de expertos mediante el desarrollo de varias sesiones focus group dando como resultado 48 términos, que posteriormente se sometieron a un nuevo análisis. Finalmente se llegó a 18 factores críticos de éxito.

Entre los autores internacionales más representativos de esta primera aproximación se encuentran Guillotin y Mangematin, (2015), quienes tratan elementos de la internacionalización de la educación universitaria, haciendo hincapié en la necesidad de establecer redes de conocimiento.

Sahoo et al., (2015) muestran la necesidad de mejora de los procesos de investigación a la hora de desarrollar los proyectos, The Association to Advance Collegiate Schools of Business AACSB (2012), como máximo organismo internacional acreditador de

programas de administración, muestra a su vez, un escenario preocupante en el campo de la investigación, realizando un análisis de oportunidades de mejora.

Ford (2011) plantea la necesidad de aplicar dinámica de sistemas para lograr una mejor comprensión de las variables asociadas a los proyectos y, finalmente, una serie de autores muestran la necesidad de profundizar en la generación de capacidades organizacionales a partir de los proyectos (Pfothenauer et al, 2016; Department for International Development, 2010; Danielson, Doolittle, & Bradley, 2007).

De manera paralela, se realizó una búsqueda bibliográfica a nivel nacional con los aportes de Calderón et al. (2014), con factores críticos de éxito de los proyectos de investigación del campo administrativo en Colombia, y una serie de autores que plantean la necesidad de mejora de los procesos de investigación (Castaño et al., 2014; Calderón et al., 2010; Malaver, 2006).

### **3.3 Determinación de los objetivos de gestión estratégica:**

Siguiendo con la identificación de variables, los expertos realizaron la identificación y selección de los objetivos planteados para los grupos de investigación mediante focus group. Estos objetivos son: los parámetros del Ministerio de Educación Nacional MEN (2014), de Colciencias (2017), del Consejo Nacional de Acreditación CNA (2013) y de organismos acreditadores internacionales (Guillotín y Mangematin, 2015; AACSB, 2012), siendo los principales documentos los correspondientes a la medición de grupos de investigación (Colciencias, 2017), y los factores para la acreditación de programas (CNA, 2013).

De la revisión de los requerimientos de Colciencias (2017) se desprenden objetivos relacionados con el desarrollo de productos resultado de investigación; y con la gestión de indicadores de cohesión y colaboración. Ya que se consideran los lineamientos de medición de grupos y la importancia de estos objetivos en la clasificación que Colciencias hace de estos grupos de investigación.

De los objetivos propuestos por el CNA (2013) se evidencia la importancia de aquellos relacionados con la visibilidad, el apoyo a la articulación con el Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación y el fortalecimiento del contacto con el Sistema Productivo.

La revisión de objetivos de organismos internacionales ratificó la inclusión de los objetivos anteriores y, además, implicó la inclusión de objetivos relacionados con la configuración de equipos de trabajo y la integración de los diferentes actores partícipes del proceso de investigación (Guillotín & Mangematin, 2015).

### **3.4 Construcción del modelo ANP y de la red de influencias:**

Los siete objetivos de gestión estratégica de los proyectos de investigación derivados de la etapa anterior, se agruparon en el clúster denominado alternativas de gestión estratégica. Este clúster de objetivos estratégicos es el que se considera para el establecimiento de las estrategias de gestión de los proyectos de investigación.

Cada uno de los 18 factores críticos de éxito se consideraron como criterios del modelo ANP. Estos 18 factores críticos fueron agrupados en seis clústeres. Los 6 clústeres de criterios de aprobación son: 1) articulación al sistema productivo SISPRO, 2) articulación al sistema académico SISTACA, 3) gestión de la investigación, 4) perfil de los investigadores, 5) publicación y divulgación, y, 6) transferencia de resultados.

Con la contribución de los expertos se identificó la influencia de cada uno de los elementos del modelo sobre los demás, haciendo uso de la escala de medición propuesta por Saaty (1980) a través de cuestionarios de comparación pareada.

Para la construcción de la red de influencias se utilizó el software Super Decisions® (Adams & Creative Decision Foundation, 2016), estableciendo las relaciones existentes

entre los componentes y elementos de la red (Fig.1). Posteriormente se aplicaron el resto de etapas del proceso analítico de red ANP (Saaty, 1996), priorizando los criterios en función de su grado de contribución a los objetivos estratégicos. Esta priorización tendrá siempre presente la meta: la medida en que los grupos de investigación mediante la realización de proyectos son generadores de capacidades organizacionales que revierten en la universidad.

La estructura de red resultante con la meta de generación de capacidades organizacionales, presenta los criterios agrupados en clústeres según la tabla1.

**Tabla 1. Esquema de criterios**

<b>Clústeres de criterios.</b>		<b>criterios (nodos).</b>
C.1 Articulación SISPRO	C.1.1	Investigación empresarial
	C.1.2	Modelos de utilidad
	C.1.3	Patentes
	C.1.4	Registros de software
C.2 Articulación SISTACA	C.2.1	Desarrollo curricular
	C.2.2	Fomento a la investigación
C.3 Gestión de la investigación	C.3.1	Alineación estratégica
	C.3.2	Continuidad de procesos
	C.3.3	Mejoramiento continuo
	C.3.4	Optimización de recursos
C.4 Perfil de investigadores	C.4.1	Desempeño de los investigadores
	C.4.2	Experiencia de los investigadores
	C.4.3	Redes de conocimiento
	C.4.4	Áreas de conocimiento
C.5 Publicación y divulgación	C.5.1	Apropiación social del conocimiento
	C.5.2	Publicaciones de impacto
C.6 Transferencia de resultados	C.6.1	Asesoría y Consultoría
	C.6.2	Transferencia de conocimiento

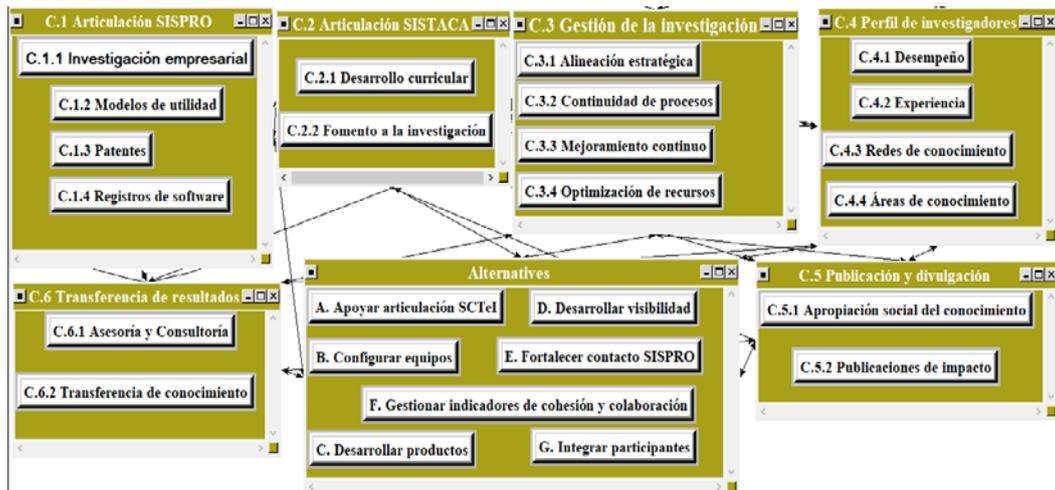
La tabla 2 muestra los diferentes objetivos para la construcción de estrategias que contribuyen a la generación de capacidades organizacionales y que componen el clúster de alternativas.

**Tabla 2. Esquema de alternativas de gestión estratégica.**

<b>Clúster de alternativas</b>		<b>Objetivos de gestión estratégica</b>
Objetivos de gestión estratégica	A	Apoyar articulación SCTeI
	B	Configurar equipos
	C	Desarrollar productos
	D	Desarrollar visibilidad
	E	Fortalecer contacto SISPRO
	F	Gestionar indicadores de cohesión y colaboración
	G	Integrar participantes

Con la ayuda del software Super Decisions© (Adams & Creative Decision Foundation, 2016), que facilita el proceso de cálculo matricial, se desarrolla el modelo que se muestra en la figura 1, que es la representación del diagrama de la red de influencias en el formato del Modelo ANP.

Figura 1. Esquema de red en SuperDecisions.



**3.5 Obtención del índice de aprobación a través del modelo ANP:**

Posteriormente se construye la Matriz de Dominación interfactorial, que expresa la relación de influencias entre los elementos de la red de la figura 3 en una matriz con la valoración 0, para el caso de no existir influencia y 1, si existe influencia entre los elementos. En esta etapa de la metodología, a través de encuestas dirigidas a los expertos, se obtuvo el grado de las influencias entre los indicadores haciendo uso de la escala del Saaty (1980).

A partir de la matriz de influencias, y tras realizar las comparaciones pareadas entre elementos de la red, se obtuvo la Super Matriz Original que contiene los autovectores resultantes de las submatrices generadas de la comparación pareada de los elementos o factores críticos.

Tabla 3. Super Matriz Original.

	Alternativas							C.1				C.2				C.3				C.4				C.5		C.6	
	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	C.1,1	C.1,2	C.1,3	C.1,4	C.2,1	C.2,2	C.3,1	C.3,2	C.3,3	C.3,4	C.4,1	C.4,2	C.4,3	C.4,4	C.5,1	C.5,2	C.6,1	C.6,2		
Alternativas	A.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,49	0,50	0,41	0,31	0,38	0,35	0,59	0,18	0,51	0,27	0,19	0,20	0,37	0,25	0,28	0,19	0,38		
	B.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,28	0,00	0,34	0,15	0,17	0,06	0,00	0,18	0,09	0,11			
	C.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,20	0,25	0,26	0,00	0,15	0,12	0,16	0,15	0,12	0,07	0,12	0,09	0,17	0,25	0,44	0,13	0,20		
	D.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,49	0,12	0,19	0,00	0,00	0,17	0,00	0,07	0,32	0,12	0,50	0,10	0,19	0,00		
	E.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,31	0,25	0,33	0,00	0,22	0,17	0,00	0,10	0,13	0,07	0,14	0,17	0,16	0,00	0,00	0,26	0,16		
	F.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,06	0,00	0,05	0,07	0,00	0,03	0,04	0,04	0,00	0,00	0,05	0,06	
	G.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,07	0,10	0,00	0,24	0,00	0,26	0,30	0,00	0,08	0,00	0,00	0,08	0,09		
C.1	C.1,1	0,67	0,40	0,40	1,00	0,50	0,40	1,00	0,00	1,00	0,67	0,67	1,00	1,00	0,50	1,00	0,25	0,25	0,40	0,40	1,00	1,00	1,00	0,29	0,25		
	C.1,2	0,12	0,20	0,20	0,00	0,17	0,20	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,17	0,00	0,25	0,25	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,25		
	C.1,3	0,12	0,20	0,20	0,00	0,17	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,25	0,25	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,25		
	C.1,4	0,09	0,20	0,20	0,00	0,17	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,25	0,25	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,25		
C.2	C.2,1	0,20	0,11	0,11	0,00	0,17	0,11	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,25	0,20	0,20	0,00	0,25	0,00	0,11	0,25	0,25	0,00	0,00		
	C.2,2	0,80	0,89	0,89	1,00	0,83	0,89	0,83	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,89	0,75	0,80	0,80	1,00	0,75	1,00	0,89	0,75	0,75	0,00	0,00		
	C.3,1	0,39	0,61	0,49	0,49	0,33	0,32	0,49	0,63	1,00	1,00	1,00	0,67	0,69	0,00	0,66	0,00	0,17	0,13	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,83	0,60	
C.3	C.3,2	0,05	0,06	0,10	0,20	0,11	0,09	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20		
	C.3,3	0,24	0,10	0,23	0,31	0,30	0,28	0,31	0,17	0,00	0,00	0,00	0,33	0,15	0,33	0,16	0,00	0,83	0,46	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00		
	C.3,4	0,33	0,23	0,19	0,00	0,26	0,30	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,67	0,19	0,83	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,20		
	C.4,1	0,10	0,15	0,10	0,25	0,13	0,35	0,39	0,32	0,00	0,00	0,00	0,13	0,59	0,21	0,80	0,67	0,17	0,00	0,67	0,00	0,00	0,24	0,00	0,15	0,33	
C.4	C.4,2	0,44	0,18	0,26	0,00	0,16	0,20	0,32	0,56	0,40	0,38	0,67	0,49	0,18	0,25	0,20	0,00	0,83	0,80	0,00	0,67	0,25	0,20	0,50	0,53	0,33	
	C.4,3	0,12	0,04	0,12	0,75	0,24	0,16	0,14	0,00	0,20	0,15	0,00	0,16	0,11	0,30	0,00	0,17	0,00	0,08	0,17	0,00	0,75	0,40	0,25	0,19	0,17	
	C.4,4	0,34	0,63	0,52	0,00	0,47	0,29	0,16	0,12	0,40	0,47	0,33	0,22	0,11	0,24	0,00	0,17	0,00	0,13	0,17	0,33	0,00	0,17	0,25	0,13	0,17	
C.5	C.5,1	0,11	0,50	0,25	0,50	1,00	0,33	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,20	0,50	1,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,25	1,00	0,00	0,00	0,00		
	C.5,2	0,89	0,50	0,75	0,50	0,00	0,67	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,80	0,50	0,00	1,00	1,00	0,83	0,83	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
C.6	C.6,1	0,20	0,67	0,50	0,75	0,50	0,75	0,17	0,33	0,50	0,33	0,25	0,00	0,17	0,75	0,50	0,50	0,00	0,50	0,50	0,50	0,33	0,00	0,25	0,00	0,00	
	C.6,2	0,80	0,33	0,50	0,25	0,50	0,25	0,83	0,67	0,50	0,67	0,75	1,00	0,83	0,25	0,50	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50	0,67	1,00	0,75	1,00	0,00	

Con los pesos de los componentes y la Super Matriz original se construye la Matriz límite y finalmente se obtienen los pesos de los 18 factores críticos y la priorización de los objetivos de gestión estratégica.

La tabla 4 muestra los valores de la Matriz límite.

**Tabla 4. Matriz límite.**

	Alternatives							C.1				C.2				C.3				C.4				C.5		C.6	
	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	C.1.1	C.1.2	C.1.3	C.1.4	C.2.1	C.2.2	C.3.1	C.3.2	C.3.3	C.3.4	C.4.1	C.4.2	C.4.3	C.4.4	C.5.1	C.5.2	C.6.1	C.6.2		
Alternatives	A.	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	
	B.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
	C.	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	D.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
	E.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
	F.	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
	G.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
C.1	C.1.1	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07		
	C.1.2	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		
	C.1.3	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		
	C.1.4	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		
C.2	C.2.1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
	C.2.2	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06		
C.3	C.3.1	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10		
	C.3.2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
	C.3.3	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04		
	C.3.4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
C.4	C.4.1	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		
	C.4.2	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03		
	C.4.3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
	C.4.4	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		
C.5	C.5.1	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03		
	C.5.2	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08		
C.6	C.6.1	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07		
	C.6.2	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14		

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

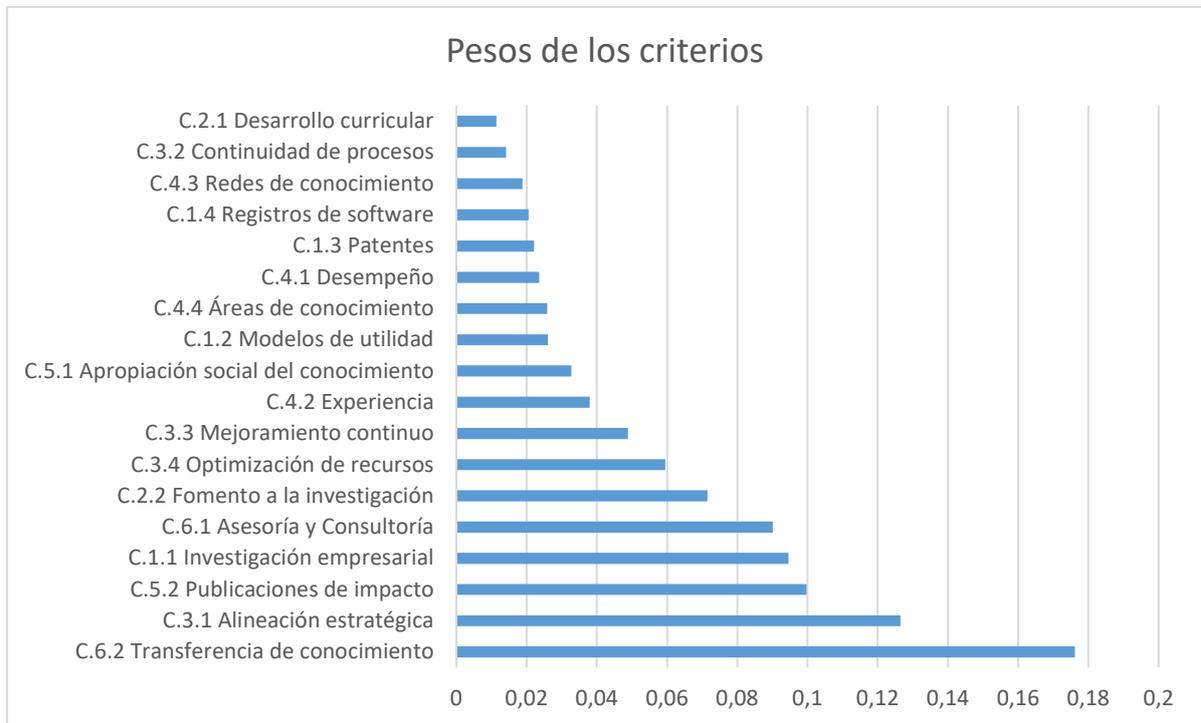
Los resultados obtenidos de los pesos de los criterios que componen el índice de aprobación se extraen de los valores de la matriz límite normalizados (tabla 4).

**Tabla 4. Matriz límite.**

<b>Criterios de aprobación</b>	<b>Pesos</b>
C.1.1 Investigación empresarial	0,094
C.1.2 Modelos de utilidad	0,026
C.1.3 Patentes	0,022
C.1.4 Registros de software	0,020
C.2.1 Desarrollo curricular	0,011
C.2.2 Fomento a la investigación	0,071
C.3.1 Alineación estratégica	0,126
C.3.2 Continuidad de procesos	0,014
C.3.3 Mejoramiento continuo	0,048
C.3.4 Optimización de recursos	0,059
C.4.1 Desempeño	0,023
C.4.2 Experiencia	0,037
C.4.3 Redes de conocimiento	0,018
C.4.4 Áreas de conocimiento	0,025
C.5.1 Apropiación social del conocimiento	0,032
C.5.2 Publicaciones de impacto	0,099
C.6.1 Asesoría y Consultoría	0,090
C.6.2 Transferencia de conocimiento	0,176

La Figura 2 resume la jerarquización de los criterios, factores críticos de éxito, en función de los pesos obtenidos a la hora de componer el índice de aprobación de los proyectos.

**Figura 2. Jerarquización de criterios**



En la priorización de criterios (Fig. 2), se evidencia la importancia de la transferencia de conocimiento (C.6.2), con un valor límite de 0,17 y del criterio de alineación estratégica (C.3.1), con un valor de 0,12, seguido de publicaciones de impacto (C.5.2), con un valor de 0,099 y de investigación empresarial (C.1.1) con un valor de 0,094. Por otro lado, el criterio desarrollo curricular (C.2.1) presenta el menor puntaje, con un valor de 0,011.

El resultado con respecto a la alineación estratégica se corresponde con la dinámica de trabajo de la Institución de Educación Superior objeto de estudio, en la cual se da una marcada importancia a los procesos de planificación estratégica.

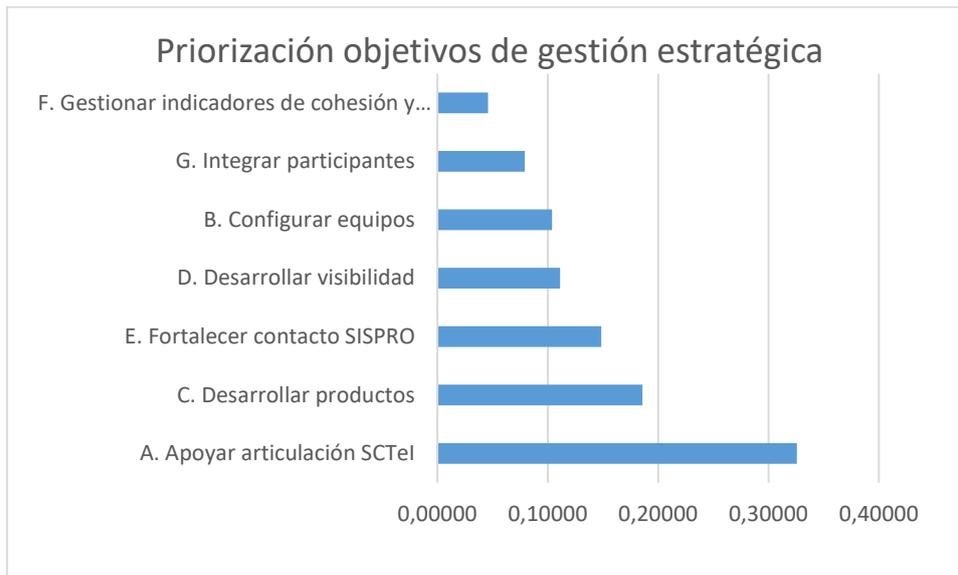
En cuanto a las publicaciones de impacto, este resultado se encuentra justificado por las exigencias de Colciencias (2017) dentro del proceso de medición del desempeño de los grupos de investigación, y del Consejo Nacional de Acreditación (2013), en cuanto a las condiciones de calidad exigidas a los programas académicos.

La investigación empresarial, por su parte, es un eje fundamental en el desarrollo de la Institución de Educación Superior. Esto es debido a que su enfoque se encuentra fundamentado en el emprendimiento, siendo un componente misional y una temática impartida en todos los programas (Universidad EAN, 2014).

Finalmente, el criterio desarrollo curricular muestra un rezago con respecto a los demás, aun cuando en los lineamientos institucionales se plantea que los resultados de los proyectos de investigación deben llegar a ser parte de la evolución curricular (Universidad EAN, 2014).

La priorización de los objetivos de gestión estratégica evidencia la importancia del objetivo A, apoyar la articulación con el Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación, seguido del objetivo C, desarrollar productos y del objetivo E, fortalecer el contacto con el sistema productivo (Fig. 3).

**Figura 3. Síntesis de prioridades de objetivos de gestión estratégica.**



#### 4 CONCLUSIONES

Muchos son los estudios realizados sobre la definición de indicadores empleados en la selección de proyectos. Con la presente investigación se aportan dos enfoques fundamentales en este sentido. El primero: que estas metodologías utilizadas para definir y ponderar indicadores no son suficientes para aprobar proyectos de investigación, pues se debe incorporar la gestión estratégica de estos proyectos a la hora de diseñar los indicadores que definan el índice de aprobación de los mismos. El segundo: que la metodología para la construcción de este índice debe permitir modelar realidades complejas y contemplar las relaciones de interdependencia existentes entre los diferentes indicadores del modelo.

Por todo lo anterior, se propone un nuevo enfoque, basado en ANP, para definir un índice que permita medir el nivel de satisfacción de los proyectos de investigación formulados con los objetivos de gestión estratégica de las universidades. Con la metodología propuesta se identifican los criterios que conformarán el índice de aprobación en función de la importancia de ellos con respecto a los objetivos estratégicos definidos por la universidad y la medida en que estos proyectos son generadores de capacidades organizativas de los grupos de investigación que formulan los proyectos.

#### 5 REFERENCIAS

- AACSB, (2012). Impact of research, a guide for business schools. AACSB international. Retrieved from: <http://www.aacsb.edu/~media/AACSB/Publications/research-reports/impact-of-research-exploratory-study.ashx>
- Adams, J. W., (2016). Super Decisions, software sponsored by the Creative Decisions Foundation.
- Australian Government, (2015). "Australian innovation report". Office of the chief economist. Department of Industry, Innovation and Science.
- Calderón, G., Arrubla, J., Castaño, G., Gutiérrez, L., Posada, R., Ruiz, A., y Vivares, J., (2010). La investigación en administración en Colombia. Condiciones para la generación de conocimiento, investigadores, institucionalización y producción científica. Medellín, Asociación Colombiana de Facultades de Administración (Ascolfa).

- Calderón, G., Castaño, G., Lozada, N., Gutiérrez, L., Pérez, P., y Posada, R., (2014). Generación de conocimiento en los grupos élite de investigación en administración en Colombia. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.
- Castaño, G., Calderón, G., y Posada, R., (2014). Perfiles y tipologías del investigador en administración en Colombia y su producción científica. INNOVAR, Vol 24(52), pp. 45-57.
- Colciencias, (2017). Modelo de medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y de reconocimiento de investigadores del Sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, año 2017. Bogotá.
- Colombia, Congreso Nacional de la República. (22 de enero de 2009). "Ley 1286 del 23 de enero de 2009, por medio de la cual se modifica la Ley 29 de 1990, se transforma a Colciencias en Departamento Administrativo, se fortalece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia y se dictan otras disposiciones. En Diario Oficial, núm. 47.241 de 23 de enero de 2009. Bogotá: Imprenta Nacional.
- Consejo Nacional de Acreditación, (2013). Lineamientos para la acreditación de programas de pregrado. Bogotá, CNA.
- Danielson, L., Doolittle, J. & Bradley, R., (2007). Professional Development, Capacity Building, and Research Needs: Critical Issues for Response to Intervention Implementation. *School Psychology Review*, Vol. 36, No. 4, pp. 632-637.
- Departamento Nacional de Planeación-DNP, (2009). CONPES 3582, Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Department for business innovation & Skills, (2014). "Innovation report". Innovation, Research and Growth, Australia.
- Department for International Development., (2010). Capacity building in research. How to note. A DFID practice paper.
- Ford, D.N., (Ed.) (2011). A Bibliography of System Dynamics Project Management Work. Retrived from <https://ceprofs.civil.tamu.edu/dford/SDPMBibliography-110711a.pdf>
- Forrester, J., (1966). Principles of systems, M.I.T. Press.
- Guillotín, B., y Mangematin, V., (2015). Internationalization Strategies of Business Schools: How Flat Is the World?. *Thunderbird International Business Review*, DOI: 10.1002/tie.
- Hekkert, M., Negro, S., Heimeriks, G., & Harmsen, R. (2011). Technological innovation system analysis. Faculty of Geosciences Utrecht University.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2013). Metodología de la investigación. 5ª Ed, México, Mc Graw-Hill.
- Lemarchand, G. (2010). National science, technology and innovation systems in Latin America and the Caribbean. *Science Policy Studies and Documents in LAC*, Montevideo, Uruguay, 308.
- Malaver, F., (2006). El despegue de la investigación Colombiana en administración: análisis de sus avances en el período 2000-2006. Cuadernos de administración, Bogotá. Vol 19, pp. 71-109.
- Ministerio de Educación Nacional., (2014). Reflexiones para la política de internacionalización de la educación superior en Colombia. MEN y OC y T, Bogotá. Ubicado en: [http://www.cna.gov.co/1741/articles-186502\\_Reflexiones2014.pdf](http://www.cna.gov.co/1741/articles-186502_Reflexiones2014.pdf)
- Pfotenhauer, S.M., Wood, D., Roos, D., & Newman, D., (2016). Architecting complex international science, technology and innovation partnerships (CISTIPs): A study of four global MIT collaborations. *Technological Forecasting & Social Change*. Vol. 104, pp. 38–56.
- Porter, M. (2001). Clusters of Innovation: Regional Foundations of U.S. Competitiveness. Washington DC: Council on Competitiveness. Available at:

[http://www.hbs.edu/faculty/Publication%20Files/COI\\_National\\_05202014\\_ad0fe06c-674c494b-96f6-6882db4e6aaf.pdf](http://www.hbs.edu/faculty/Publication%20Files/COI_National_05202014_ad0fe06c-674c494b-96f6-6882db4e6aaf.pdf)

- Project Management Institute., (2017). A guide to the project management body of knowledge PMBOK® Guide 6th Ed. Newtown Square, PA.
- Redondo, J., (2012). Modelado de Mercados de Electricidad. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.
- Resch, M., (2011). Strategic Project Management Transformation, Delivering Maximum ROI & Sustainable Business Value. J.Ross Publishing, U.S.A.
- Saaty TL. (1980) The Analytic Hierarchy Process. Mcgraw-Hill, New York.
- Saaty TL. (1996) The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. Pittsburgh. RWS Publications, Pittsburgh, PA
- Sahoo, B., Singh, R., Mishra, B., Sankaran, K., et al., (2016). Research productivity in Management Schools of India during 1968-2015: A directional benefit-of-doubt. OMEGA, The International Journal of Management Science, Vol.13, No. 3, pp. 163-168.
- Universidad EAN, (2014). Proyecto Educativo Institucional y plan de desarrollo 2015-2019. Bogotá.
- Sterman, J., (2000). Business Dynamics, systems thinking and modeling for a complex world. Boston, USA. McGraw-Hill.