

Propuesta de indicadores para gestión del capital estructural en grupos de investigación

Proposed capital management indicators for structural research group

Proposta de indicadores para gestão do capital estrutural em grupos de pesquisa

Eduardo Carrillo Zambrano MSc., Ph.D*
Fernando Gutiérrez Pórtela**
Carlos Andrés Díaz Santacruz***

Recibido: octubre de 2010. Aceptado: junio de 2011

Para citar este artículo: Carrillo Zambrano, Eduardo; Gutiérrez Pórtela, Fernando, y Díaz Santacruz, Carlos Andrés (2012). Propuesta de indicadores para gestión del capital estructural en grupos de investigación. *Universidad & Empresa* No. 22, pp. 99-130.

Resumen

La gestión del capital intelectual es hoy uno de los aspectos en los cuales las organizaciones centran su atención, por la necesidad de aplicarlo en el campo administrativo, que

* Postdoctorado, Universitat De Valencia; doctor en Tecnología de la Información Computacional y las Comunicaciones, Universitat De Valencia; director del Centro de Investigación en Ciencias Económicas, Administrativas y Contables (Dinámica); profesor titular de la Facultad de Administración, Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB), Colombia; miembro del grupo de investigación PRISMA; Afiliado a Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB), clasificación A1 de Colciencias. Correo electrónico: ecarrill@unab.edu.co.

** MSc. Software Libre Universidad Autónoma Bucaramanga. Universitat Oberta de Catalunya (UOC). Especialista en teleinformática. Profesor instructor de la Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia. Coordinador de Comunidad Abierta de Software Libre Ibagué. Correo electrónico: fernando.gutierrez@campusucc.edu.co.

*** MSc. Software Libre Universidad Autónoma Bucaramanga. Universitat Oberta de Catalunya (UOC). Especialista en teleinformática. Profesor asistente con especialización de la Universidad de Ibagué, Ibagué Colombia. Correo electrónico: andres.diaz@unibague.edu.co.

está compuesto por el capital estructural, humano y relacional. La investigación realizada corresponde a la medición del capital estructural, a partir de la producción y divulgación de los grupos de investigación clasificados por Colciencias como A y A1 —medición 2010—, el diseño de estrategias y acciones, y la elaboración del modelo con el diseño de cálculos que se estructuró a partir de componentes, perspectivas e indicadores integrados mediante el estudio de dos modelos internacionales: Intellectus y Balance Score Card.

Palabras clave: capital intelectual, capital estructural, indicadores de medición del capital intelectual.

Abstract

The management of the intellectual capital is nowadays one of the aspects in which organizations focus their attention due to the necessity to apply it in the administrative field, which is made up of the structural, human and relational capital. The conducted investigation corresponds to the measurement of the structural capital, starting from the production and spreading of the groups of investigation classified by Colciencias as A and A1 —2010 measurement—, the design of strategies and actions, and the elaboration of a model with the design of calculations that was structured based on the components, perspective and indicators integrated by means of the study of two international models: Intellectus and Balance Card Score.

Keywords: intellectual capital, structural capital, indicator of measurement of the intellectual capital.

Resumo

A gestão do capital intelectual é hoje um dos aspectos nos quais as organizações centram a atenção, pela necessidade de aplicá-lo no campo administrativo, que está composto pelo capital estrutural, humano e relacional. A pesquisa realizada corresponde à medição do capital estrutural, a partir da produção e divulgação dos grupos de pesquisa classificado por Colciencias como A e A1 (medição 2010), a criação de estratégias e ações, e a elaboração do modelo com a criação de cálculos que se estruturou a partir de componentes, perspectivas e indicadores integrados mediante o estudo de dois modelos internacionais: Intellectus e Balance Score Card.

Palavras chave: capital intelectual, capital estrutural, indicadores de medição do capital intelectual.

INTRODUCCIÓN

Ante la importancia de la gestión del conocimiento como un factor clave para la investigación y la generación de productos que conlleven al posicionamiento de los grupos de investigación —mediante una buena administración de su capital estructural como componente del capital intelectual y el buen uso de herramientas sistémicas que faciliten la gestión de los recursos intangibles, no monetarios, no físicos, producto de la investigación (Miles y Quintillán, 2005)—, se hace necesario conocer las actividades investigativas realizadas por los grupos de investigación categorizados en A y A1 por Colciencias, los resultados obtenidos como equipo, y cuál es el nivel de publicación de productos en la categoría de divulgación y extensión de la investigación en su sitio web. Es así como surge el interés por clasificar la información que los grupos publican.

La investigación, como factor esencial para el crecimiento y desarrollo de un país, se aprecia a partir de la producción de los grupos de investigación y de la divulgación de sus resultados ante las comunidades científicas (Hincapié, 2009); no obstante, para el caso colombiano, la difusión de los resultados es es-

casa, como se puede apreciar en los sitios web de cada uno de los grupos catalogados por Colciencias —según modelo de medición 2010—. Esto llevó a plantear la pregunta que orientó el proceso investigativo: ¿cuáles son los resultados obtenidos por los grupos de investigación catalogados por Colciencias en A y A1, y cuál ha sido su nivel de divulgación?

La búsqueda exhaustiva de la divulgación de los resultados de los grupos de investigación y el análisis de la información obtenida en los sitios web permitieron encontrar que efectivamente estos poseían una escasa divulgación de sus productos, razón por la cual el proyecto propone el planteamiento de estrategias que hicieran posible mostrar mayores y mejores resultados, y las acciones por emprender por cada uno, para la obtención de los mismos. De otra parte, se realizó una búsqueda amplia de herramientas para la gestión de capital estructural, y se halló una gran cantidad de estas que respondían a diferentes funcionalidades, razón por la cual se propuso la construcción de un modelo para la medición del capital estructural, dirigido específicamente a grupos de investigación.

Los resultados que se muestran dan respuesta a cada uno de los objeti-

vos específicos que fueron trabajados y que permitieron la construcción del modelo y la demostración matemática a partir de la interacción de componentes, perspectivas, variables e indicadores obtenidos del estudio de modelos internacionales, como son el modelo Intellectus y el Cuadro de Mando Integral.

La perspectiva frente a la continuidad de estudios en esta temática lleva al planteamiento de soluciones de software libre, que permitan gestionar lo correspondiente al capital estructural y de cada uno de sus componentes o clasificaciones en todos los campos del conocimiento, aplicando las tecnologías emergentes en TIC.

1. EL CAPITAL INTELECTUAL Y SUS COMPONENTES

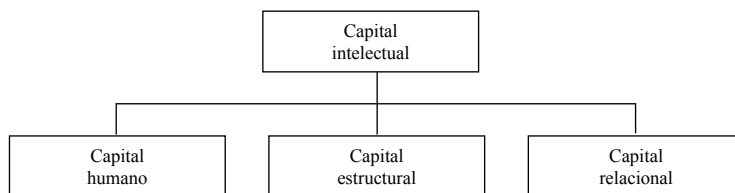
El capital intelectual es la principal fuente de riqueza de las organizaciones y la habilidad que posean para identificar, auditar, medir, renovar, incrementar y gestionar los activos intangibles; es factor clave para el éxito de las organizaciones, alcanzando ventajas competitivas sostenibles en el tiempo. Es por esta razón que las directivas permanecen atentas a una efectiva gestión de dicho capital; así lo aseveran reconocidos investigadores de medición y gestión de capital

intelectual, analistas y proponentes de modelos de medición y gestión de recursos intangibles, entre ellos: Bueno, Salmador, Merino (2008), Daza, Wilches, Gómez, Duran, Cohen (2010), Salazar, Martin de Castro, López (2006).

Autores como Bueno y sus coautores (2008) han afirmado que el capital intelectual ha evolucionado con los diversos aportes del utilitarismo ético; la filosofía económica del nacionalismo; la teoría del valor de cambio del sénior, y el evolucionismo y positivismo, que lo convierten en la fuerza más productiva de la organización, que crea valor en bienes y servicios, y que deja ver el crecimiento y la cotización de las organizaciones en la bolsa.

Por su parte, Díaz (2007) asevera que el capital intelectual está conformado por un conjunto de bienes inmateriales y de difícil imitación, que permite que las organizaciones se diferencien, desarrollen y crezcan generando ventajas competitivas. Propone un modelo que agrupa el capital intelectual entre tres componentes (figura 1): a) capital humano: aquel que se relaciona con los integrantes de la organización y sus características intrínsecas, como el conocimiento implícito y explícito que tienen y dan las personas; la capacidad de aprender y

Figura 1. El capital intelectual y sus componentes



Fuente: elaboración de los autores con base en el artículo “Génesis, concepto y desarrollo del capital intelectual” (Bueno, Salmador y Merino, 2008).

generar nuevo conocimiento, entre otros; b) capital relacional: aquel que se genera de la interrelación de las personas y grupos de la organización con el exterior, en donde se consolida el conocimiento y se forman nuevas oportunidades empresariales; c) capital estructural: aquel que representa el conjunto de actividades, estructuras y procesos que ayudan a los integrantes de una organización a mejorar su producción intelectual y desarrollo organizacional. Se clasifica en dos capitales más: el organizativo y el tecnológico.

Por otra parte, Sanguino (2006) explica que el capital intelectual es utilizado para identificar el grupo de activos intangibles que dan valor a una organización en el presente, y se proyecta al futuro. Dicho capital se divide en tres capitales: a) capital humano: el que se refiere al conocimiento (tácito y explícito) que poseen las personas; b) capital estructural: representa el conocimiento

propio de la organización, que lo generan sus integrantes cuando desarrollan múltiples procesos productivos dentro de ella, y c) capital relacional: que hace referencia al valor que tiene para la organización el conjunto de relaciones que mantiene con agentes sociales.

A. Capital estructural

El capital estructural es un componente del capital intelectual, y representa los activos intangibles desarrollados por el recurso humano de la organización, producto de las actividades investigativas, sistematización de procesos, generación de marcas, patentes, entre otros. Generalmente, es clasificado en dos componentes:

El primero, capital organizativo, el cual a su vez se compone de las siguientes categorías: a) cultura, b) estructura organizativa, c) procesos de formación, d) formación, y e) aprendizaje organizativo.

El segundo, el capital tecnológico, el cual está formado por las categorías: a) innovación, b) mejora de procesos, y c) propiedad intelectual.

Para un efectivo control en la producción de los intangibles, en la actualidad se implementan sistemas de gestión creados bajo las últimas tecnologías con el fin de medir y controlar la evolución y el crecimiento de los mismos, lo cual hace posible la inclusión de componentes, nuevas categorías, generación de otros indicadores, otros tipos de ponderaciones y la creación de estrategias para su cumplimiento, que deben ser medidos en periodos de tiempo establecidos por la misma organización. La figura 2 describe los componentes y perspectivas del capital estructural.

B. Gestión del capital estructural

Desde las perspectivas planteadas por los diferentes autores, es a partir del capital estructural como la organización reconoce el conjunto de intangibles creados por los integrantes de la misma en un espacio de tiempo, y que se consideran son productos que pertenecen a la organización y no a los integrantes, pues esta queda cuando ellos se retiran. Este capital se compone de elementos y variables como la cultura organizacional, la estruc-

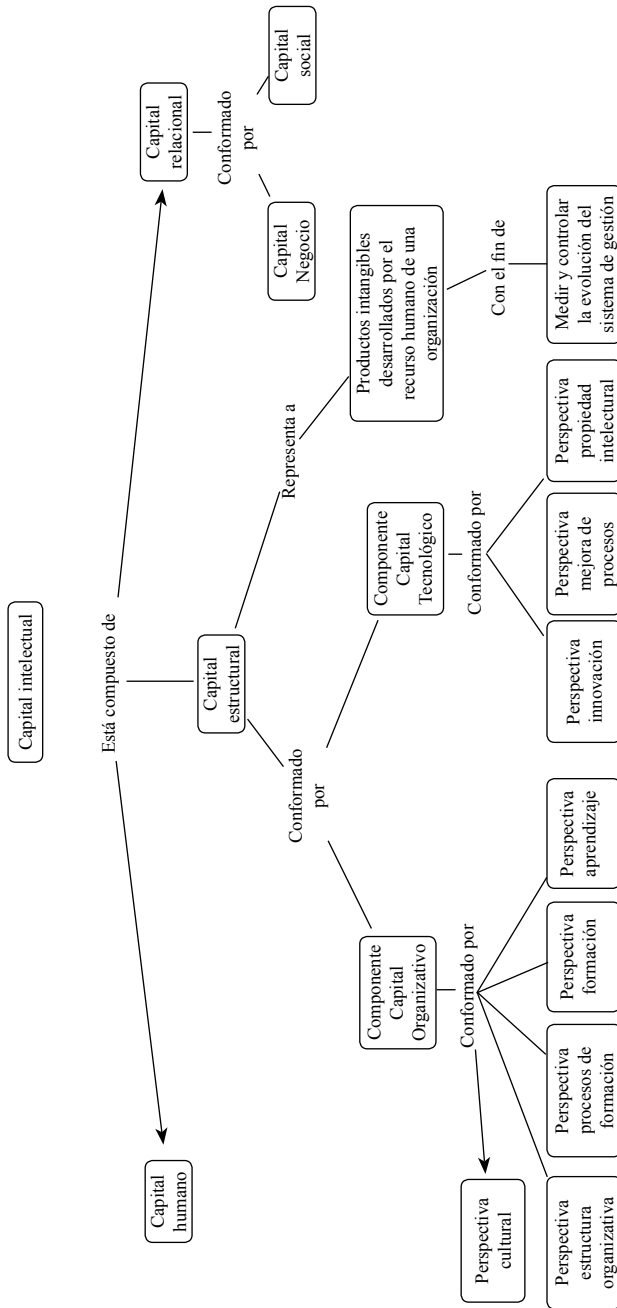
tura organizativa, los procesos de aprendizaje, la formación, la innovación, la generación de productos, el uso de las TIC, entre otros procesos que generan valor agregado en las empresas (Alfaro y López, 2008). La gestión, definida como el motor que impulsa la organización hacia la consecución de los objetivos por la acción propia del capital humano, integra los esfuerzos de todos y cada uno, y se “[...] concentra básicamente en crear, conseguir y gestionar eficazmente todos aquellos activos intangibles” (Viedma, 1988). La gestión de capital estructural se relaciona, entonces, con la capacidad que tiene la organización para direccionar sus activos intangibles hacia la innovación de los procesos, los productos, y todo aquello que contribuye con el éxito de esta, en el mercado y ambiente en el cual se desarrolle, e influye de manera diferencial en la creación de valor para la empresa (Bautzer, 2010; Santos-Rodríguez, Figueroa y Fernández, 2011).

C. Modelos de medición y gestión de capital intelectual en las organizaciones

1. Estudio de modelos de medición

Una eficaz utilización de sistemas de medición y gestión de capital intelectual hace que estos se con-

Figura 2. Componentes y perspectivas del capital estructural



Fuente: elaboración propia con base en el artículo Gestión del conocimiento, capital intelectual y comunicación en grupos de investigación (Hincapié, 2009).

viertan en una herramienta clave a la hora de redefinir los planes de acción y cumplir con los objetivos estratégicos propuestos por los grupos de investigación. A continuación, se describen los principales modelos de medición de capital intelectual, revisados en esta investigación: 1) modelo Technology Broker, con cuatro componentes: a) componente de mercado; b) componente de propiedad intelectual; c) componente de personas, y d) componente de infraestructura. 2) Modelo Navigator de Skandia: tiene como principio crear una solución para organizar la dirección y construir directrices en la organización. Está compuesto por noventa indicadores para medir la actividad del capital intelectual, entre los que se encuentran: número de clientes, paquetes de software usados de acuerdo al número de empleados, cantidad de personas conectadas a Internet, relación entre clientes y empleados, nuevas ideas surgidas, entre otros. De igual forma, adiciona a cada uno de los indicadores ratios que relacionan las variables de rendimiento, rapidez y calidad. 3) Balanced Business Score Card (C.M.I.): elaborado y desarrollado en 1992 por Kaplan y Norton (2000). Está compuesto por cuatro perspectivas: a) la financiera, b) del cliente, c) los procesos internos y d) el aprendizaje. 4) Mo-

delo de Canadian Imperial Bank: conecta el aprendizaje organizacional y el capital intelectual; está conformado por cuatro capitales así: a) financiero; b) clientes; c) estructura y d) Humano. 5) Modelo Intellectual Asset Monitor: enfatiza en el dinamismo de los activos intangibles, teniendo en cuenta los indicadores de riesgo, la capacidad de renovación y crecimiento de los activos; es el primero en dar claves para la interpretación del balance de capital intelectual por medio de fórmulas cualitativas y cuantitativas, abriendo el paso a los modelos de gestión del conocimiento, estructurándose en tres componentes: a) competencias de las personas, b) estructura interna, y c) estructura externa. 6) Modelo Intellect: contiene una metodología para medir el capital intelectual, con tres componentes, a saber: a) humano, b) estructural, y c) relacional. 7) Modelo Nova: permitió ser utilizado en cualquier organización para la medición y la gestión del capital intelectual. 8) Modelo Dow Chemical: utiliza una metodología que se basa en el proceso de medición y gestión de los activos invisibles y la repercusión que tienen en la actividad financiera. 9) Modelo estructura de dirección estratégica por competencias: utiliza herramientas de dirección estratégica por medio

de las competencias. 10) Modelo estructura del modelo de las cinco fases de Nonaka y Takeuchi: corresponde al modelo clásico de Nonaka y Takeuchi. Distingue dos tipos de conocimiento: tácito y explícito. 11) Estructura de Capital Intelectual “Intelect” (EUROFORUM): clasifica el capital intelectual en: humano, estructural y relacional. 12) Modelo de la Universidad de West Ontario: trabaja sobre la relación existente entre los componentes y elementos del capital intelectual, y su correspondencia con los resultados obtenidos en las empresas a partir de la aplicación del modelo Intelect; finalmente, concluye que el capital humano es el centro de crecimiento de la empresa.

2. Modelos alternativos

Un modelo alternativo para la medición del capital intelectual fue propuesto por Medina y sus coautores (2010), el cual trata la generación de valores numéricos a partir de variables no numéricas, utilizando la lógica difusa para lograr una medición más objetiva, mediante el proceso de cálculo de índices que evalúan los componentes del capital intelectual, con conceptos relativos de la realidad, siguiendo patrones de razonamiento similares al pensamiento humano.

Otros estudios plantearon las diferentes estructuras de los modelos que permiten medir el capital intelectual, aplicados en la gestión del conocimiento. González y Rodríguez (2010) afirman que estos modelos toman elementos para la medición del capital intelectual y son aplicables en forma general en la industria y en el sector educativo, hecho que hace posible establecer relaciones entre los mismos de manera tangencial. El estudio realizado por estos autores tuvo como finalidad la creación de un modelo apropiado, fundamentado en indicadores aplicables en las universidades públicas de Colombia.

A partir de los anteriores capitales, se encuentran en la teoría otros modelos que permiten la gestión del capital intelectual, como son: (KMAT) “Knowledge Management Assessment Tool”; el modelo KPMC Tejedor (1998), (SCBS, 2001), entre otros. (Medina, *et. al.*, 2010, González y Rodríguez, 2010).

3. Modelo Balanced Scorecard (BSC)

Autores como Martín, Rodríguez y Macías (2010) señalan que el modelo Balanced Scorecard (BSC), diseñado por David Norton y Robert Kaplan, como una forma para

manejar indicadores en las organizaciones, ganó espacio como una metodología de administración enfocada en la implementación y ejecución de estrategias.

En Colombia ha sido difundido ampliamente. Las primeras empresas multinacionales y nacionales que implantaron esta herramienta fueron: Kimberly Clark, Exxon Mobil, Banco de Crédito, Fiberglass Colombia, Federación Nacional de Cafeteros, Fuerza Aérea Colombiana, entre otras. En su investigación, Daza y sus coautores (2010) encontraron otro modelo, propuesto por el profesor José María Viedma Martí, de la Universidad Politécnica de Catalunya, denominado Intellectual Capital Benchmarking System (ICBS). La metodología y la herramienta ICBS constituyen una primera aproximación científica y sistemática a la gestión profesional de los recursos intangibles en las ciudades u organizaciones de cualquier país. Se menciona, además, la existencia de otro modelo estructural denominado Intellectual Capital Statements (InCas), de origen europeo, que parte de la descripción de la visión y de los objetivos estratégicos de la organización, y posteriormente identifica los procesos de negocios principales y el paquete de recursos intangibles implicados en la creación del valor. Los autores explican

que el objetivo del modelo es el de orientar a las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) sobre cómo medir su capital intelectual, a fin de ayudarlas a mejorar su desempeño y promover la competitividad.

4. Modelo Intellectus

El modelo Intellectus es un marco estructurado que facilita la gestión del capital intelectual en una organización. Este modelo flexible se constituyó funcionalmente a partir de tres tipos: capital humano, capital relacional y capital estructural; este último se subdivide en: capital organizativo y capital tecnológico. El capital organizativo está relacionado con el ámbito estructural de los diseños, la cultura y los procesos de la empresa; el capital tecnológico se relaciona con el uso de tecnología por parte del capital humano, desarrollo e innovación de recursos intangibles, y los resultados que se generan de su interacción. Todos en conjunto permiten conocer el estado actual de los activos intangibles de una organización y sirven en la toma decisiones estratégicas.

La estructura interna del modelo Intellectus gira alrededor de cuatro conceptos: a) componentes, b) elementos, c) variables, e d) indicadores. Los componentes, como una agrupación de activos intangibles

de acuerdo con su naturaleza; los elementos, como otra agrupación homogénea de activos intangibles, que a su vez se disgregan en otro grupo de intangibles denominándose variables, con las cuales se construyen los indicadores como un instrumento para la medición y control de gestión del capital intelectual (Rodríguez, 2003; Bueno, Salmador y Merino, 2008).

5. Aplicación de los modelos en la construcción de indicadores de capital intelectual

Los modelos descritos han permitido la construcción de indicadores para la medición del capital intelectual, los cuales han evolucionado de acuerdo con la utilización de las nuevas tecnologías. Uno de los estudios encontrados es la propuesta elaborada por Inche y Chung (2004), quienes diseñaron un tablero de mando integral para gestión de indicadores de capital intelectual; para ello, utilizaron estándares de modelos de medición existentes como referencia, a partir de los cuales generaron otros indicadores.

Presentaron, además, un esquema de nivel de indicadores de gestión, así: a) indicadores de primer nivel o lineales, sin ningún tipo de operación; b) indicadores de segundo nivel, con un cociente, y c) indica-

dores de tercer nivel, formulados en porcentajes.

D. Indicadores de medición del capital intelectual, componentes y aplicaciones

Para Rodríguez (2003), los indicadores que se utilizan para medir el capital intelectual son instrumentos que dan valor a los activos intangibles de una empresa, y que se manifiestan en varias unidades de medida; pueden ser de tipo cuantitativo o cualitativo, y se presentan de dos formas: deductivo e inductivo. El primero, tomando como base elementos intangibles —*know-how*, estrategias, procesos, entre otros— que evolucionan por fases hasta llegar a los indicadores; el segundo se presenta a partir de la observación hasta formular los indicadores.

Rodríguez explica que existe una metodología para construir los indicadores. El primer paso es establecer qué es lo que se pretende evaluar o medir; cada indicador se crea de acuerdo con las características de sus variables. Es así como se obtienen indicadores provisionales para recoger una primera información de los elementos del capital intelectual. El segundo paso consiste en crear un excelente plan estratégico dentro de la organización.

Frente a la medición del capital intelectual generado en universidades y centros de investigación, no fueron encontrados explícitamente modelos de gestión y de indicadores que acogieran la dinámica de generación de capital estructural producido en estas organizaciones.

En Colombia, de acuerdo con Castro (2008), Colciencias¹ ha establecido varios conceptos y términos utilizados para realizar la medición de los resultados de grupos de investigación, así: a) indicador: permite dar valor a una característica o variable objeto de estudio, y es utilizado para estimar cada uno de los elementos dentro de una categoría definida; b) el índice: anexo a un indicador con un rango de (0,1) en ausencia o presencia de valor del indicador; c) umbral: definido como un valor máximo que puede llegar a tomar un indicador; d) índice sintético (ScientiCol):² suma ponderada de índices que permite reducir el nivel de la información.³ No obstante, no se encontró un modelo especial para que el grupo de investigación, de forma individual,

evaluara la producción de capital estructural de manera permanente.

En su desarrollo, esta investigación obtuvo un modelo de indicadores de gestión de capital estructural en grupos de investigación en función de componentes, perspectivas, indicadores, variables, metas y logros, para cumplirlos durante un periodo y con instrumentos de medición de los mismos. El modelo fue utilizado para la realización de una medición experimental de intangibles al interior de un grupo de investigación; asimismo, se resalta que para el diseño del modelo, se tomaron como referencia los modelos internacionales de gestión y medición del capital intelectual *Intellectus* y el Cuadro de Mando Integral (CMI), los cuales permitieron generar una propuesta de medición de capital estructural para los grupos y centros de investigación que lo deseen adoptar.

Los indicadores de capital intelectual son el resultado de convertir las observaciones económicas de los recursos intangibles en una información útil y estandarizada para

¹ Colciencias, Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas. Organización gubernamental que tiene como fin el fomento de la ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia.

² Para el año 2008, el índice sintético.

³ Colciencias. Modelo de medición de grupos de investigación tecnológica o de innovación, 2008.

alimentar los sistemas de gestión de la empresa.

Así entonces, un indicador es un instrumento que da un valor a los recursos intangibles, los cuales se manifiestan en varias unidades de medida, de naturaleza cuantitativa o cualitativa, pero medibles.

2. METODOLOGÍA

Para el logro de los objetivos propuestos en la investigación, el proyecto se desarrolló en dos fases:

Fase I: evaluación de divulgación del conocimiento a partir del sitio web de grupos de investigación catalogados como A y A1 en Colciencias, según la medición de 2010,⁴ proponiendo estrategias de mejora para un grupo de investigación; búsqueda, clasificación y comparación funcional de las soluciones de software libre existentes en la Internet, que permitieran realizar gestión de capital estructural en grupos de investigación.

Fase II: en esta fase, se diseñó un modelo de indicadores en función

de componentes y variables del capital estructural, con la realización de una medición experimental de intangibles de un grupo de investigación; el modelo propuesto se estructuró en componentes, perspectivas, indicadores, variables, metas, logros y niveles de cumplimiento, como datos medibles en la producción de intangibles.

3. RESULTADOS

A. Evaluación de divulgación del conocimiento y estrategias de mejora a partir del sitio web de grupos de investigación

1. Evaluación de los grupos catalogados en Colciencias en A y A1

La investigación realizada sobre la divulgación del conocimiento a partir del sitio web de los grupos de investigación catalogados como A y A1 en Colciencias⁵ —medición realizada en la convocatoria 509 en 2010— dejó ver la existencia de 378 grupos en categoría A1, y 479 grupos en categoría A (véase tabla 1).

Colciencias utiliza para la categorización de grupos la producción

⁴ Los grupos categorizados por Colciencias se encuentran relacionados en el listado de grupos de investigación clasificados. Ver: http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/documents/resultados_-_509.pdf.

⁵ Los datos registrados corresponden al mes de agosto de 2011, periodo en el cual se hizo el seguimiento a la producción de los grupos objeto de estudio.

que estos realizan a partir de investigaciones. Para el año 2008,⁶ esta institución determinó la caracterización para los tipos de productos: de nuevo conocimiento (NC), de formación (F) y de divulgación y extensión (D).⁷ Estos últimos están relacionados con las actividades de divulgación y extensión de investigación del grupo, tendientes a la apropiación social del conocimiento.

Algunos de los productos reconocidos en esta categoría son: a) servicio técnico, b) consultorías, c) cursos de extensión, d) productos de divulgación —entre los que se hallan cartillas, ponencias en eventos, posters—, e) literatura de circulación restringida —reportes internos—, y f) textos académicos.

Con la información consultada en Colciencias, y la aplicación para la medición de los grupos de investigación efectuada en el año 2010,⁸ se realizó la evaluación de la divulgación del conocimiento, encontrada al mes de agosto de 2011 a partir del sitio web de cada uno de los grupos, obteniendo los siguientes resultados: fueron ubicados 479

grupos de investigación en categoría A, entre los 12 Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología e Innovación, de los cuales 180 grupos de investigación no tienen sitio web, 148 cuentan con sitio web, pero sin facilidad de acceso, y solo 151 cuentan con sitio web y facilidad de acceso. Han sido publicados 67 productos de divulgación: cartillas, manuales, folletos, ponencias y posters; 26 productos de literatura de circulación restringida: reportes internos; se han divulgado y utilizado 190 de otros productos de divulgación: textos, eventos académicos, medios de comunicación, y finalmente se han publicado 138 productos de extensión, entre servicios técnicos, consultorías y cursos de extensión.

De igual forma, se encontraron 378 grupos de investigación, entre los 12 Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología e Innovación clasificados en Categoría A1; 122 grupos de investigación no tienen sitio web; 114 cuentan con sitio web, pero sin facilidad de acceso, y 142 cuentan con sitio web y facilidad de acceso.

⁶ Año base sobre el cual se trabajó la búsqueda de resultados en la categoría D —divulgación y extensión—.

⁷ Colciencias. Modelo de medición de grupos de investigación tecnológica o de innovación, 2008. En el documento se detallan los diferentes aspectos tomados en cuenta para la clasificación de los grupos de investigación acordes con la producción y el tipo de esta.

⁸ Continúo con los parámetros establecidos en el año 2008, en el documento citado.

Los grupos de investigación han publicado 4 productos de divulgación, entre cartillas, manuales, folletos, ponencias y posters; se han divulgado 17 productos de literatura de circulación restringida: reportes internos; se han publicado 179 de otros productos de divulgación y extensión: textos, eventos académicos, medios de comunicación, y finalmente se han publicado 120 productos de extensión: servicios técnicos, consultorías, cursos de extensión.

Tabla 1. Clasificación de los grupos de investigación en categorías A1 y A del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación

Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación	Grupos de Investigación A	Grupos de Investigación A1
Biotecnología	22	18
Ciencia y tecnología agropecuaria	22	28
Ciencia y tecnología de la salud	46	31
Ciencia y tecnología del mar	4	4
Ciencias básicas	65	67
Ciencias medio ambiente y hábitat	35	24
Ciencias sociales humanas	129	82
Desarrollo tecnológico industrial	43	35
Electrónica, teleco e informática	20	11
Estudios científicos de educación	40	35
Investigación en energía y minería	11	11
No aplica	42	32
Total grupos	479	378

Fuente: elaboración de los autores con base en la medición de grupos de investigación tecnológica o de innovación en 2010.

2. Diseño de estrategias de mejoramiento en la divulgación de conocimiento a partir del sitio web de un grupo de investigación catalogado como A1 en Colciencias, según la medición del año 2010

El diseño de estrategias comprende, primero, el análisis de los di-

ferentes programas establecidos por Colciencias, de los cuales fue tomado para el estudio el grupo de investigación denominado Preservación e Intercambio Digital de Información y Conocimiento (PRISMA), clasificado como A1, el cual forma parte del programa

de electrónica, telecomunicaciones e informática de los programas nacionales de ciencia, tecnología e innovación. De acuerdo con el análisis realizado sobre la publicación de la categoría de divulgación y extensión, el grupo de investigación PRISMA ha divulgado en su sitio web ponencias en eventos y posee medios de comunicación; sin embargo, al igual que los otros grupos del programa de electrónica, telecomunicaciones e informática, no publicaron productos de literatura de circulación restringida, textos, realización de servicios técnicos, consultorías, ni realización de cursos de extensión, entre otros.

Por lo anterior, se elabora una propuesta de estrategias de mejoramiento en la difusión de conocimiento a partir del sitio web del grupo de investigación PRISMA: *Estrategia 1. Generación de productos de divulgación:* cartillas, manuales, folletos, posters, ponencias en eventos. *Acciones estratégicas:* a) generar actividades y proyectos que estimulen la escritura y elaboración de productos de divulgación derivados de la investigación; b) capacitar a los integrantes del grupo de investigación en la construcción de cartillas, manuales, folletos, ponencias y posters; c) generar espacios para la participación de los integrantes del grupo

de investigación en eventos con presentación de ponencias, d) establecer una política de estímulo y reconocimiento en la elaboración de productos de divulgación; e) contribuir al desarrollo de un proyecto de gestión tecnológica para la publicación de productos de divulgación, resultado de la actividad investigativa.

Estrategia 2. Generación de productos de extensión: a) servicios técnicos, b) consultorías y c) cursos de extensión: especializaciones, diplomados, seminarios y talleres. *Acciones estratégicas:* a) crear espacios para la generación de productos de extensión por parte de los grupos de investigación; b) diseñar el portafolio de productos de extensión ofertados por los grupos de investigación; c) invitar a los egresados en cada programa para el desarrollo conjunto de productos de extensión y vinculación en la creación de los diferentes cursos de extensión ofertados por los grupos; d) crear la política de estímulo y reconocimiento en el desarrollo e innovación de productos de extensión, como resultado de la investigación; e) crear la oficina de consultoría y servicios técnicos ofertados por los grupos; f) crear el observatorio empresarial y monitorear la aplicación de las nuevas tecnologías en el sector

productivo, con el fin de presentar programas de extensión que fortalezcan la capacidad productiva y el desarrollo de la región; g) realizar alianzas estratégicas con el sector productivo y académico de la región para ofertar los productos de extensión; h) contribuir al desarrollo de un proyecto de gestión tecnológica para la publicación y divulgación de productos de extensión, resultado de la actividad investigativa.

Estrategia 3. Generación de productos de literatura de circulación restringida: reportes internos. *Acciones estratégicas:* a) crear espacios para la generación de productos de circulación restringida por parte de los grupos de investigación; b) implementar un sitio web de almacenamiento digital de documentos internos, que permita conservar y facilitar el acceso a los diferentes reportes internos generados por el grupo de investigación; c) crear la política de gestión y manejo de documentos y reportes internos que produce el grupo; d) crear un área de gestión documental dentro del grupo que administre lo correspondiente a literatura de circulación restringida; e) contribuir al desarrollo de un proyecto de gestión tecnológica para la publicación y divulgación de productos de circu-

lación restringida, resultado de la actividad investigativa.

Estrategia 4. Generación de otros productos de extensión y divulgación: a) medios de comunicación, b) textos, y c) eventos académicos. *Acciones estratégicas:* a) divulgar los resultados de investigación utilizando las tecnologías emergentes con medios de comunicación, textos y realización de eventos académicos; b) crear la política de estímulo y utilización de medios de comunicación, producción de textos y realización de eventos para la difusión de resultados de investigación; c) diseñar un portafolio de divulgación de resultados de investigación en medios de comunicación, textos y eventos académicos; d) crear el observatorio de eventos académicos, producción de textos y difusión en medios de comunicación de las actividades de investigación en la región; e) realizar alianzas estratégicas con el sector de las comunicaciones e instituciones de educación superior (IES) de la región, para realizar conjuntamente eventos académicos y de difusión; f) contribuir al desarrollo de un proyecto de gestión tecnológica que incluya medios de comunicación, textos, y difusión de eventos académicos, resultado de la actividad investigativa.

B. Caracterización y comparación funcional de soluciones de software libre existentes para gestión de capital estructural

Pablo Del Pozo García (Julio 2011) —Centro de Excelencia de Software Libre de Castilla-La Mancha— explicó que específicamente no hay una aplicación libre que permita medir los indicadores de gestión de capital estructural en grupos de investigación; recomienda que se agrupen las herramientas de gestión de conocimiento actuales, en una solución que permita gestionar este tipo de capital. Al igual, Manuel Palomo Duarte (Julio 2011) —Oficina del Software Libre y Conocimiento Abierto de la Universidad de Cádiz— señaló que en esta no se han realizado proyectos de gestión de capital intelectual o capital estructural para grupos de investigación. Por otra parte, la Fundación Centro Nacional de Referencia de Aplicaciones de las TIC basadas en fuentes abiertas (CENATIC-Gobierno de España, Julio 2011) comentó que los sistemas de gestión de capital intelectual son catalogados como otros sistemas de gestión de recursos humanos

(HRIS, HRMS) y que, a su vez, incorporan módulos para sacar conclusiones de estos datos. Esta fundación no recomienda un producto específico para la gestión de capital estructural, por ser un campo extremadamente específico, y donde las soluciones existentes son propietarias, diseñadas y construidas a la medida para organizaciones o grandes multinacionales.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó la búsqueda de aplicaciones y herramientas existentes en software libre, con algunas características y funcionalidades que individualmente, o en forma agrupada, permitieran obtener un marco para el diseño y la construcción de un modelo de medición para la gestión de capital estructural en grupos de investigación.

A partir del análisis de cada categoría,⁹ se relacionan los siguientes resultados: a) aplicaciones de gestión y administración de recursos, ERP: compuesta por siete herramientas: Libertya, OpenBravo ERP, Oasis, SaltOS, AbanQ G2, OpenERP y Adempiere. De estas herramientas, se obtienen 35 funcionalidades generales para el modelo: El 11,4 %

⁹ Se denomina categoría a un conjunto de aplicaciones que hacen posible la gestión de capital estructural a partir de las cuales se puede crear el marco del modelo base para construir indicadores.

corresponde a la *funcionalidad de gestión de proyectos*;¹⁰ el 8,6%, a informes y reportes, gestor de servicios y almacenamiento de archivos; el 5,7%, a gestor de datos maestros, gestor de la producción, entre otras, y el 2,9%, a gestor documental, gestor de expedientes, gestor de contenido web, entre otras; b) aplicaciones de Business Process Management (BPM); se encuentran seis herramientas: ProcessMaker, BonitaSoft, Intalio, BPM uEngine, KaromiBPM y LiquidOffice, de las cuales se obtienen 40 funcionalidades: El 10% corresponde a gestor de contenido web, integración de datos, entre otras; el 7,5%, a Workflow, metadatos de búsquedas, informes y reportes; el 5,0%, a colaboración: fórums, gestor de conocimiento y gestor de correo, y el 2,5%, a gestor documental, control de gestión de procesos administrativos, y monitoreo de procesos en tiempo real, entre otras; c) aplicaciones de gestión documental: se encontraron nueve herramientas: LetoDMS, Alfresco, Nuxeo DM, OWL, Xincoco, OpenKM, DocMGR, Quotero y OCS y 41 funcionalidades generales estándar para la categoría: El 17,1% corresponde a gestor documental; el 12,2%, a generación de

PDF y Excel, y a almacenamiento de archivos, el 9,8%, a gestor de contenido empresarial, entre otras; el 7,3%, a Workflow, metadatos de búsquedas; el 4,9% corresponde a las funcionalidades de digitalización de imágenes, gestor de servicios, gestor de la producción, entre otras; el 2,4%, a colaboración: fórums, gestor de expedientes, informes y reportes, entre otras; d) aplicaciones de entornos colaborativos: fueron encontradas seis herramientas: eGroupware, Zimbra, BScw, OpenGoo, FosWiki y Open Atrium, y 37 funcionalidades generales: El 13,5% corresponde a calendario y agenda; el 10,8%, a gestor documental, gestor de correo electrónico, y listas de control de acceso (ACL); el 8,1%, a registro de eventos, y a almacenamiento de archivos y en base de datos; el 5,4% corresponde a colaboración: fórums, desarrollo y procesos de prueba, generación de PDF y Excel, y el 2,7%, a gestor de contenido empresarial, gestor de conocimiento, y gestor de contenido web, entre otras; e) repositorios de contenidos: fueron halladas dos aplicaciones: Flexive y Roderic, y 37 funcionalidades generales: el 11,1% corresponde a gestor documental y colaboración: fórums,

¹⁰ La cursiva corresponde a la funcionalidad más general encontrada en todas las herramientas halladas.

Workflow, registro de eventos, entre otras; f) aplicaciones de gestión de contenido; se hallaron cinco herramientas: Joomla, Wordpress, Drupal, Liferay y Tikiwiki y 39 funcionalidades generales: el 10,3% corresponde a colaboración: fórums, calendario y agenda, y almacenamiento de archivos en base de datos; el 7,7%, a gestor de contenido empresarial, y gestor de correo electrónico; el 5,1%, a gestor documental, y gestor de contenido web, entre otras, y el 2,6%, a gestor de conocimiento, digitalización de imágenes, metadatos de búsquedas, informes y reportes, entre otras; g) aplicaciones de Bussiness Intelligence, entre las que se encontraron siete herramientas: Mondrian, JasperBI Suite, Pentaho, OpenL, MicroStrategy, SpagoBI y RapidMiner (Yale), y 41 funcionalidades generales: el 12,2% corresponde a procesamiento analítico en línea (OLAP); el 9,8%, a análisis de datos en tiempo real (Data Mining), minería de datos, generación de PDF y Excel; el 7,3% corresponde a metadatos de búsquedas, cuadros de mando, y utilización de JDBC para conexión de los RDBMS; el 4,9%, a Workflow, informes y reportes, integración de datos, virtualización, y el 2,4%, a gestor documental, transformación de los datos (ETL), implementación y seguimiento de procesos, entre otras; h) aplicacio-

nes para planificación de proyectos: fueron halladas 3 herramientas: Planner, Dotproject y TeamBox, y 23 funcionalidades generales: el 13,0% corresponde a calendario y agenda; el 8,7%, a gestor de contenido empresarial, informes y reportes, entre otras, y el 4,3%, a gestor documental y colaboración: fórums, metadatos de búsquedas, gestor de datos maestros, gestor de servicios, almacenamiento de archivos, entre otras; i) aplicaciones para Learning Management System (LMS): fue encontrada una herramienta, Moodle, y 13 funcionalidades generales: el 7,7% corresponde a colaboración: fórums, gestor de conocimiento, gestor de contenido web, digitalización de imágenes, entre otras; j) gestión y control de versiones: se encontró una herramienta, SmartSVN, y cuatro funcionalidades: el 25,0% corresponde a gestor de contenido web, informes y reportes, entre otras.

C. Modelo de ponderación y medición de indicadores de capital estructural para un grupo de investigación

Tomando como referencia el marco conceptual presentado —de diferentes modelos de capital intelectual, y específicamente el Intellectus (IADE-CIC, 2003), modelo que

proyecta una estructura funcional y configurable en contenidos y detalle, estableciendo una interacción entre sus capitales intangibles, que fortalecen el desarrollo de una organización—, se propone un modelo de gestión y medición de indicadores de capital estructural para grupos de investigación, con un diseño funcional e integral que permite gestionar la producción de activos intangibles en función de componentes, perspectivas, variables e indicadores. La estructura de este modelo parte de la definición básica de algunos componentes utilizados en la elaboración del mismo.

1. Definiciones básicas

a) Componente: conjunto de activos intangibles en función de su naturaleza, que se estructura a partir de dos capitales: capital organizativo y capital tecnológico; b) peso del componente: valor porcentual asignado a un componente, de acuerdo con el grado de importancia y la naturaleza del mismo; c) perspectivas: la configuración de recursos intangibles, que producen otros a partir de la integración, dirección, y del planeamiento de estos, que se integran a un componente o capital; d) peso de la perspectiva: valor porcentual asignado a una perspec-

tiva, de acuerdo con el grado de importancia y la naturaleza de la misma. Es designada por el líder del grupo de investigación; e) fórmula: expresión compuesta por variables, mediante la cual se obtiene un dato con el que se pueden realizar operaciones para obtener un valor ponderado o entero; f) variables: representa un recurso intangible de un componente, con un dato de valor, que agrupadamente con otros valores dan origen a un indicador; g) indicadores: instrumento que muestra el valor relativo que toma un activo intangible en la organización. Se manifiesta en varias unidades de medida de tipo cuantitativo o cualitativo; h) peso del indicador: valor porcentual asignado a un indicador, de acuerdo con el grado de importancia y la naturaleza del mismo. Es designado por el líder del grupo de investigación; i) Meta: valor deseado que fija el líder del grupo de investigación para el cumplimiento de un indicador en un periodo de tiempo deseado; j) logro: grado de avance con respecto a la meta. Su valor cuantitativo permite medir el nivel cumplimiento de un objetivo o meta propuesta; k) nivel de cumplimiento de meta: grado de alcance de la meta en un momento determinado. Está relacionado con un referente, generalmente con el logro alcanzado en el año inmediatamente anterior.

2. Componente: capital organizativo

Definido como el capital que está relacionado con el desarrollo de actividades organizativas dentro del grupo de investigación, genera activos intangibles para posteriormente integrarlos al plan estratégico. Está compuesto por las siguientes perspectivas:

1. Cultura: conformada por los valores, la planeación estratégica y operacional, la normativa, la comunicación efectiva que es asumida por el grupo de investigación, quien responde por los resultados operativos. Está estructurada a partir de cuatro indicadores: a) existencia del plan estratégico del grupo de investigación alineado con la dirección de investigaciones; b) existencia del plan operativo del grupo de investigación alineado con la dirección de investigaciones; c) existencia de reglamentos internos del grupo, y d) herramientas web para comunicación entre investigadores.
2. Estructura organizativa: está relacionada con la estructura, el nivel de formación, y los procesos de organización al interior del grupo de investigación. Contiene siete indicadores: a) existencia del organigrama del grupo de investigación, b) tasa de incentivos por investigaciones, c) tasa de docentes investigadores, d) tasa de docentes investigadores con formación en especialización, e) tasa de docentes investigadores con formación en maestría, f) tasa de docentes investigadores con formación en doctorado, y g) tasa de estudiantes investigadores.
3. Procesos de formación: espacios dinámicos donde se produce una corriente de cambio que da lugar a la obtención de conocimientos y competencias en cada uno de los integrantes del grupo de investigación. Se compone por seis indicadores: a) líneas de investigación, b) tasa de proyectos presentados y aprobados por Colciencias, c) sistemas de control producto de actividades investigativas, d) tasa de reconocimiento de investigadores por sus actividades investigativas, e) tasa de reconocimiento a grupos de investigación, y f) tasa de reconocimiento a empresas que financian la investigación.
4. Formación: conjunto de acciones, procesos y procedimientos formativos, mediante los cuales los grupos transfieren conocimiento y fortalecen habilidades en la investigación. Se compo-

ne de cinco indicadores: a) tasa apoyo a la creación de programas académicos de doctorado, b) tasa apoyo a la creación de programas académicos de maestría, c) tasa de participación en la creación de otros programas académicos, d) tasa de participación en la creación de cursos especializados, y e) tasa de participación de profesores en eventos nacionales e internacionales.

5. Aprendizaje organizativo: capacidad que tiene un grupo de investigación de adquirir e integrar conocimientos, actitudes y competencias para la producción de recursos intangibles. Contiene cuatro indicadores: a) participación de docentes investigadores en reuniones para compartir conocimientos, b) relación de trabajos investigativos desarrollados en red con otros grupos nacionales e internacionales, c) participación de grupos de estudio por línea de investigación, y d) tasa de grupos de semilleros por línea de investigación.

La formulación general para el modelo de medición define las siguientes variables:

C_m = peso Componente

$$\text{Luego } \sum_m^n C_m = 100\% \quad (1)$$

P_x = Perspectiva luego

$$\sum_{m=1}^n P_x = 100\% \text{ respecto a } C_m$$

B_i = % Indicador numérico definido por el líder del grupo de investigación.

D_i = Cantidad de logros cumplidos.

C_i = Meta por alcanzar.

Ecuación general para el cálculo del logro de perspectivas del capital estructural:

$$C_T = \sum_{x=1}^n P_x \left(\sum_{i=1}^n \frac{B_i D_i}{C_i} \right) \quad (2)$$

Desarrollo de la ecuación general para el cálculo del logro de perspectivas del capital organizativo con cinco perspectivas: cultura, estructura organizativa, procesos de formación, formación, aprendizaje organizativo:

$$\begin{aligned} C_{Org} &= \sum_{x=1}^5 P_x \left(\sum_{i=1}^n \frac{B_i D_i}{C_i} \right) \\ &= P1 \left(\sum_{i=1}^4 \frac{B_i D_i}{C_i} \right) + P2 \left(\sum_{i=1}^7 \frac{B_i D_i}{C_i} \right) \\ &+ P3 \left(\sum_{i=1}^6 \frac{B_i D_i}{C_i} \right) + P4 \left(\sum_{i=1}^5 \frac{B_i D_i}{C_i} \right) \\ &+ P5 \left(\sum_{i=1}^4 \frac{B_i D_i}{C_i} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

Tabla 2. Perspectivas, variables e indicadores del componente: capital organizativo

Perspectiva	Código indicador	Descripción del indicador	Fórmula	Peso Perspectiva	Peso Indicador
CE.1.1 CULTURA	CE.1.1.1	Existencia del Plan estratégico del grupo alineado al de la Dirección de Investigaciones.	Existencia del documento denominado <i>Plan estratégico del grupo</i> , acorde con la Dirección de Investigaciones.	15%	25%
	CE.1.1.2	Existencia del plan operativo del grupo, alineado al de la Dirección de Investigaciones.	Existencia del documento denominado <i>Plan operativo del grupo</i> , acorde con la Dirección de Investigaciones.		25%
	CE.1.1.3	Existencia de reglamentos internos del grupo.	Existencia del documento <i>reglamento interno del grupo acorde</i>		25%
	CE.1.1.4	Herramientas Web para comunicación entre investigadores.	No. de herramientas web usadas para comunicación entre investigadores.		25%
CE.1.2 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA	CE.1.2.1	Existencia del organigrama del grupo de investigación.	Existencia del documento denominado <i>Organigrama del grupo de investigación</i> .	10%	10%
	CE.1.2.2	Tasa de incentivos por investigaciones.	No. de incentivos entregados a grupos de investigación /Total de incentivos destinados a investigación *100		20%
	CE.1.2.3	Tasa de docentes investigadores.	No. de docentes que pertenecen a un grupo de investigación/ total de docentes del programa al que pertenece el grupo *100		10%
	CE.1.2.4	Tasa de docentes investigadores con formación en especialización.	No. de docentes que pertenecen a un grupo de investigación con estudios de postgrado en especialización/total de docentes investigadores)*100		10%
	CE.1.2.5	Tasa de docentes investigadores con formación en maestría.	No. de docentes que pertenecen a un grupo de investigación con estudios de postgrado en maestría/ total de docentes investigadores *100		20%
	CE.1.2.6	Tasa de docentes investigadores con formación en doctorado.	No. de docentes que pertenecen a un grupo de investigación con estudios de postgrado doctorado/ total de docentes investigadores *100		20%
	CE.1.2.7	Tasa de estudiantes investigadores.	No. de estudiantes investigadores que pertenecen al grupo/ No. de estudiantes proyectados a participar en el grupo de investigación)*100		10%

Fuente: elaboración de los autores con base en el modelo Intellectus (IADE-CIC, 2003).

En la tabla 2 se integran las diferentes perspectivas y las ponderaciones tomadas como base para el diseño del modelo de medición. La sumatoria de cada perspectiva, con su peso y número de indicadores, que puede variar de acuerdo con la decisión del grupo de investigación: cultura: peso (15%), número de indicadores (4); estructura organizativa: peso (10%), número de indicadores (7); procesos de formación: peso (20%), número de indicadores (6); formación: peso (25%), número de indicadores (5); aprendizaje organizativo: peso (30%), número de indicadores (4).

$$\begin{aligned}
 & P1 \left(\frac{Bi Di}{C1} + \frac{Bi Di}{C2} + \frac{Bi Di}{C3} + \frac{Bi Di}{C4} \right) + \\
 & P2 \left(\frac{Bi Di}{C1} + \frac{Bi Di}{C2} + \frac{Bi Di}{C3} + \frac{Bi Di}{C4} + \frac{Bi Di}{C5} + \right. \\
 & \left. \frac{Bi Di}{C6} + \frac{Bi Di}{C7} \right) + P3 \left(\frac{Bi Di}{C1} + \frac{Bi Di}{C2} + \frac{Bi Di}{C3} + \right. \\
 & \left. \frac{Bi Di}{C4} + \frac{Bi Di}{C5} + \frac{Bi Di}{C6} \right) + P4 \left(\frac{Bi Di}{C1} + \frac{Bi Di}{C2} + \right. \\
 & \left. \frac{Bi Di}{C3} + \frac{Bi Di}{C4} + \frac{Bi Di}{C5} \right) + P5 \left(\frac{Bi Di}{C1} + \frac{Bi Di}{C2} + \right. \\
 & \left. \frac{Bi Di}{C3} + \frac{Bi Di}{C4} \right)
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

El modelo matemático presentado permite el cálculo por componentes, que hace posible la obtención del nivel de cumplimiento de los indicadores del capital organizativo, y toma como base el parámetro prefijado —meta— por el líder del

grupo de investigación, comparado con el alcance de logros por parte de los investigadores. Este debe ser alimentado en forma permanente a partir de la obtención de productos intangibles generados por el grupo.

3. Componente: capital tecnológico

Está definido como el capital que está directamente relacionado con el desarrollo de actividades sistémicas y técnicas, y con la adquisición de conocimiento y la producción de activos intangibles vinculados a la innovación, la tecnología y la investigación. Está integrado por las siguientes perspectivas e indicadores:

C.E. 2.1 Innovación: perspectiva que tiene relación con las mejoras incorporadas en los productos, procesos y métodos de gestión existentes, percibidas en términos de costes, calidad, rendimiento y tiempo; está compuesta por cinco indicadores: a) participación de artículos en revistas indexadas clasificadas en Publindex; b) avance en capítulos de libros productos de la investigación; c) tasa de productos tecnológicos no patentables; d) tasa de libros producto de la investigación, y e) tasa de productos o procesos tecnológicos patentados o registrados.

CE.2.2 Mejora de procesos: relacionada con la capacidad que tie-

ne un grupo de investigación para crear un conjunto de estrategias de operación organizativa con el fin de optimizar y organizar las actividades realizadas por los investigadores para mejorar la eficiencia de procesos en la transformación de los bienes y servicios. Está compuesta por seis indicadores: a) tasa de participación de los grupos de investigación en la generación de normas sociales, ambientales y de salud pública, basados en resultados de la investigación; b) empresas creadas de origen universitario, producto de los grupos de investigación SPIN/OFF; c) tasa de tesis de doctorado realizadas o dirigidas al interior del grupo de investigación; d) tasa de tesis de maestría realizadas al interior del grupo de investigación; e) tasa de trabajos de pregrado dirigidos o realizados al interior del grupo y f) relación de participación en los comités de evaluación del grupo de investigación.

CE.2.3 Propiedad intelectual: perspectiva que tiene relación con el número de recursos intangibles producidos y protegidos legalmente, que otorgan un derecho a un grupo de investigación para su explotación en exclusiva, en un periodo de tiempo y en un espacio determinado. Está compuesta por seis indicadores: a) cobertura de servicios técnicos prestados al interior del grupo

de investigación; b) cobertura de consultorías prestadas al interior del grupo de investigación; c) participación en cursos de extensión del grupo de investigación; d) tasa de cartillas publicadas producto de las investigaciones; e) participación de los investigadores en ponencias, y f) posters presentados por el grupo de investigación.

En la tabla 3 se integran las diferentes perspectivas y las ponderaciones tomadas como base para el diseño del modelo de medición. Se utiliza para calcular el logro porcentual producto de la evaluación por perspectivas en los grupos de investigación, correspondiente al capital tecnológico. Definición de variables:

$$C_m = \text{peso Componente luego} \\ \sum_m^n C_m = 100\% \quad (5)$$

$$P_x = \text{Perspectiva, luego} \\ \sum_{x=1}^n P_x = 100\% \text{ respecto a } C_m$$

B_i = % Indicador numérico definido por el líder del grupo de investigación.

D_i = Cantidad de logros cumplidos.

C_i = Meta por alcanzar.

Ecuación general para el cálculo del logro de perspectivas del capital estructural:

Tabla 3. Perspectivas, variables e indicadores del componente: capital tecnológico

Perspectiva	Código indicador	Descripción del indicador	Fórmula	Peso Perspectiva	Peso Indicador
CE.2.1 INNOVACIÓN	CE.2.1.1	Participación de artículos en revistas indexadas clasificadas en Publindex	No. de artículos presentados y aprobados en revistas indexadas clasificadas en Publindex/total de artículos proyectados a presentar en revistas indexadas clasificadas en Publindex)*100	40%	20%
	CE.2.1.2	Avance en capítulos de libros productos de la investigación.	No. de capítulos de libros avanzados producto de la investigación/total de capítulos proyectados del libro)*100		20%
	CE.2.1.3	Tasa de productos tecnológicos no patentables.	No. de productos tecnológicos no patentables actuales del grupo/total de productos tecnológicos no patentables proyectados por el grupo.*100.		20%
	CE.2.1.4	Tasa de libros producto de la investigación	No. de libros generados y publicados producto de investigaciones/total de grupos de investigación internos)*100		20%
	CE.2.1.5	Tasa de productos o procesos tecnológicos patentados o registrados.	No. de productos o procesos tecnológicos patentados o registrados producto de investigaciones/total de grupos de investigación)*100		20%
CE.2.2 MEJORA DE PROCESOS	CE.2.2.1	Tasa de participación de los grupos de investigación en la generación de normas sociales, ambientales y de salud pública, basados en resultados de la investigación.	No. de grupos de investigación que han participado en la generación de normas sociales, ambientales y de salud pública / total de grupos de investigación)*100	35%	20%
	CE.2.2.2	Empresas creadas de origen universitario, producto de los grupos de investigación SPIN/OFF	No. de empresas creadas producto de las investigaciones realizadas/total de grupos de investigación*100		25%
	CE.2.2.3	Tasa de tesis de doctorado realizadas o dirigidas al interior del grupo de investigación.	No. de tesis de doctorados realizadas o dirigidas al interior del grupo de investigación/total de grupos de investigación*100		20%
	CE.2.2.4	Tasa de tesis de maestría realizadas al interior del grupo de investigación.	No. de tesis de maestrías realizadas o dirigidas al interior del grupo de investigación/total de grupos de investigación)*100		15%

Fuente: elaboración del autor con base en el modelo Intellectus (IADE-CIC, 2003).

$$C_T = \sum_{x=1}^n P_x \left(\sum_{i=1}^n \frac{B_i D_i}{C_i} \right) \quad (6)$$

Desarrollo de la ecuación general para el cálculo del logro de perspectivas del capital tecnológico con presencia de: innovación, mejora de procesos y propiedad intelectual:

$$\begin{aligned} C_{Tec} &= \sum_{x=1}^3 P_x \left(\sum_{i=1}^n \frac{B_i D_i}{C_i} \right) \\ &= P1 \left(\sum_{i=1}^5 \frac{B_i D_i}{C_i} \right) + P2 \left(\sum_{i=1}^6 \frac{B_i D_i}{C_i} \right) \\ &\quad P3 \left(\sum_{i=1}^6 \frac{B_i D_i}{C_i} \right) \end{aligned} \quad (7)$$

La sumatoria de cada perspectiva con su peso y número de indicadores, que puede variar de acuerdo con la decisión del grupo de investigación. Innovación: peso: 40%, número de indicadores (5); mejora de procesos: peso (35%), número de indicadores (6), y propiedad intelectual: peso (25%), número de indicadores (6):

$$\begin{aligned} &P1 \left(\frac{B_1 D_1}{C_1} + \frac{B_2 D_2}{C_2} + \frac{B_3 D_3}{C_3} + \frac{B_4 D_4}{C_4} \right) + \\ &P2 \left(\frac{B_1 D_1}{C_1} + \frac{B_2 D_2}{C_2} + \frac{B_3 D_3}{C_3} + \frac{B_4 D_4}{C_4} + \frac{B_5 D_5}{C_5} + \frac{B_6 D_6}{C_6} \right) + \\ &P3 \left(\frac{B_1 D_1}{C_1} + \frac{B_2 D_2}{C_2} + \frac{B_3 D_3}{C_3} + \frac{B_4 D_4}{C_4} + \frac{B_5 D_5}{C_5} + \frac{B_6 D_6}{C_6} \right) \end{aligned} \quad (8)$$

Ecuación del cálculo de logro de los componentes del modelo de medición de capital estructural.

$$\sum_{m=1}^n l_m = 100\% \quad l_m = \text{Componente} \quad (9)$$

C_m = peso Componente, luego

$$\sum_{m=1}^n C_m = 100\% \quad (10)$$

Ecuación general para cálculo del nivel de cumplimiento de indicadores de capital estructural:

$$CT = \left(\sum_{m=1}^n l_m C_m \left(\sum_{x=1}^n P_x \left(\sum_{i=1}^n \frac{B_i D_i}{C_i} \right) \right) \right) \quad (11)$$

El modelo matemático presentado permite el cálculo por componentes. A diferencia del cálculo por perspectivas, aquél hace posible la obtención del nivel de cumplimiento de los indicadores del capital estructural, tomando como base el parámetro prefijado —meta— por el líder del grupo de investigación, comparado con el alcance de logros por parte de los investigadores. Este debe ser alimentado en forma permanente a partir de la obtención de productos intangibles generados por el grupo.

4. CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS

La gestión de capital intelectual, aplicando tecnologías de la información con software de fuentes abiertas es un tema que se aborda en la actualidad, en un contexto

investigativo frente a la medición de uno de sus componentes: el capital estructural. Su reciente interés respecta a las aplicaciones de indicadores para la medición de la producción intelectual en los grupos de investigación; así pudo determinarse en el trabajo de investigación realizado, y que permitió el planteamiento del modelo de indicadores que se presenta en este estudio.

La evaluación realizada acerca de la divulgación del conocimiento a partir del sitio web de grupos de investigación catalogados como A y A1 en Colciencias —según la medición de 2010— permitió observar que a pesar de existir un número relativamente alto de grupos —479 en categoría A y 378 en A1—, un alto porcentaje no cuenta con sitio web, o es difícil el acceso a este, y, por lo tanto, la publicación de productos de divulgación y extensión no se realiza con amplitud. De igual manera, el programa nacional de ciencia y tecnología e innovación que más divulgó corresponde al programa de Ciencias Sociales y Humanas en categoría A, y Ciencias Básicas en categoría A1, desconociendo la generación de productos intangibles de los demás grupos.

La propuesta de estrategias de mejoramiento en la difusión de conocimiento a partir del sitio web de

grupos de investigación facilita la planeación, la producción y divulgación de intangibles que forman parte del capital estructural, aspecto importante cuando se estudian, analizan y establecen las diferentes acciones para la divulgación y extensión de la producción generada por los grupos de investigación, lo cual hace posible que haya una mayor calidad de los productos, y generación de conocimiento a partir de la socialización de los mismos en la comunidad científica y académica.

La clasificación y comparación funcional de las soluciones de software libre existentes para la gestión de capital estructural en los grupos de investigación muestra que no hay aplicaciones de software de este tipo que permitan específicamente medir los indicadores de gestión de capital estructural en estos. No obstante, es posible encontrar soluciones de origen privado que, a partir de la extrapolación de funcionalidades, hacen posible establecer el marco básico para la creación de modelos para la medición de la producción de estos y el crecimiento de los mismos. Basados en los modelos anteriores, fue posible el diseño de un modelo de indicadores en función de las variables de componentes del capital estructural en un grupo de investigación, además de la generación de

una herramienta de apoyo a la gestión y medición de capital estructural, teniendo en cuenta las aplicaciones de modelos de medición internacionales como el Intellectus y el cuadro de mando integral CMI.

El modelo facilita la planeación estratégica y la productividad de los grupos de investigación en una institución gracias a la flexibilidad y estructura por componentes, perspectivas, indicadores, variables, metas, logros y niveles de cumplimiento, con la capacidad de almacenar datos medibles de productos intangibles, como resultado de la gestión de capital estructural en la investigación al interior de cada grupo, logrando con ello beneficios internos y externos, como bien lo demuestra Ordóñez de Pablos (2004) en la aplicación de una efectiva medición y gestión de su capital intelectual.

El modelo hace posible la transferencia de variables subjetivas —productos intangibles— a caracteres objetivos —productos tangibles—, a partir de los cuales se realiza la ponderación, y esta lleva a resultados mediante ecuaciones matemáticas que permiten la obtención del cálculo en las diferentes perspectivas, indicadores, componentes u otros, a partir del establecimiento de metas cuantificables y,

por ende, medibles, que son establecidas por el líder del grupo de investigación o, en su defecto, por el centro de investigación de la institución a la cual pertenezca el grupo. Ahora bien, el proceso investigativo se alcanza mediante la obtención de logros prefijados y el cumplimiento de la meta que está siendo registrada por el modelo de medición de capital estructural.

Futuros estudios deberán estar asociados con la aplicación del modelo de indicadores en el diseño de prototipos de software, basado en software libre y software como servicio en la nube de Internet, que permitan gestionar el capital intelectual en grupos de investigación, y que los resultados reflejen el nivel de cumplimiento y crecimiento de productos intangibles al interior de estos.

REFERENCIAS

- Alfaro, J., López, V., (2008), “El capital estructural tecnológico como medida de crecimiento económico regional”. En *Estudios de Economía Aplicada*, 26, 3: 57-72, s. f., consultado en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=30113182003>.
- Bautzer, D. (2010), “La gestión del capital intelectual y su impacto en las organizaciones de edu-

- cación superior”. En: *Revista Innovación Educativa*, Instituto Politécnico Nacional, 10, 51: 15-21.
- Bueno, E.; Salmador, M^a P., y Merino, C. (2008), “Génesis, concepto y desarrollo del capital intelectual en la economía del conocimiento: una reflexión sobre el modelo Intellectus y sus aplicaciones”, En: *Estudios de Economía Aplicada*, 26, 2: 43-64, s. f., consultado en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=30113187003>.
- Castro, L. (2008), “Modelo de medición de grupos de investigación, tecnológica o de innovación año 2008”. En: Bogotá D. C.: Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas, Colciencias, s. f., consultado en: <http://www.usergioarboleda.edu.co/civilizar/modelo-convocatoria-medicion.pdf>.
- Daza, J. et al., (2010), “La gestión estratégica del capital intelectual en el entorno latino americano”. En: *Revista Prospectiva*, 2: 31-36, s. f., consultado en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo>.
- Díaz, L. V. (2007), “Gestión del conocimiento y del capital intelectual: una forma de migrar hacia empresas innovadoras, productivas y competitivas”. En: *Revista-Escuela de Administración de Negocios*, 61: 39-67, s. f., consultado en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=20611495005>.
- González, J., y Rodríguez, M. (2010), “Modelos de capital intelectual y sus indicadores en la universidad pública”. En: *Cuadernos de Administración*, 43: 113-128, s. f., consultado en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/2250/225017552008.pdf>.
- Hincapié, C. (2009), “Gestión del conocimiento, capital intelectual y comunicación en grupos de investigación”. En: *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 27: 1-25, s. f., consultado en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=194215432002>.
- Inche, J., Chung, A. (2004). “Indicadores de gestión del conocimiento en la Facultad de Ingeniería Industrial”. En: *Cuadernos de Administración*, 43: 117-118, s. f., consultado en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=81670207>.
- Martín, D.; Rodríguez, C. y Macías C. (2010), “El cuadro de mando integral: la respuesta a la implantación exitosa de la estrategia en las universidades públi-

- cas españolas”, Eight LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI’2010), s. f., consultado en: http://www.laccei.org/LACCEI2010-Peru/Papers/Papers_pdf/UM039_Martin.pdf.
- Miles, J., Quintillán, I. (2005). “Auto-evaluación del capital intelectual en la pequeña y mediana empresa”. En: *Revista Electrónica FCE* número de la revista: 2–28.
- Medina, S. *et al.* (2010). “Aproximación a la medición del capital intelectual organizacional aplicando sistemas de lógica difusa”, En: *Cuadernos de Administración*, 23, 40: 35–68, s. f., consultado en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=20514982002>.
- Ordóñez de Pablos, P. (2004), “Medición y elaboración de informes. Las cuentas de capital intelectual como complemento del informe anual”. En: *Revista Economía Industrial*, 357: 63-74, s. f., consultado en: [http://www.mityc.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/357/07_PatriciaOrdonez_357.pdf](http://www.mityc.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaindustrial/357/07_PatriciaOrdonez_357.pdf).
- Rodríguez Ruíz, O. (2003), “Indicadores de capital intelectual: concepto y elaboración”, consultado en: <http://www.iade.org/files/rediris2.pdf>.
- Salazar, E.; Martín de Castro, G. y López, P. (2006), “Capital intelectual. Una propuesta para clasificarlo y medirlo”. En: *Revista Latinoamericana de administración*, 037: 1-16, s. f., consultado en: <http://redalyc.uaemex.mx/>.
- Santos, H.; Viana de Castelo, P. y Fernández, C. (2011), “El capital estructural y la capacidad innovadora de la empresa”. En: *Revista Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 17, 3: 069-089.
- Sanguino, S. C. (2006), “Propuesta de un modelo para la gestión estratégica de conocimiento generado por el grupo de investigación en Tecnologías de Información, adscrito al Laboratorio de Computo Especializado de la Universidad Autónoma de Bucaramanga”. Tesis de maestría. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México.