

Model for Measuring the Management of University Faculty Knowledge: A Case Study

Oscar Mayorga Torres, M.Sc.¹ Blanca Cecilia Torres Sotelo, M.Sc.² Leonardo Emiro Contreras Bravo, M.Sc.³

¹Facultad de Ingeniería – Ingeniería Industrial, Universidad de La Salle, Bogotá-Colombia, osmayorga@unisalle.edu.co

² Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá-Colombia, bctorress@udistrital.edu.co

³Facultad de Ingeniería – Ingeniería Industrial, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá-Colombia, lecontrerasb@udistrital.edu.co

Abstract—This paper describes the measurement model of knowledge management in university education using mathematical modelling; the work identifies reference model architecture (node-link) with five categories; then the variables in each category are specified and the equations of state of each metric. At the end it was validated through panel of experts (n = 10 profiles) and replicated r = 2 in a time window of one year.

Keywords – Knowledge management, metrics, experts, cycle.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2016.1.1.133>

ISBN: 978-0-9822896-9-1

ISSN: 2414-6390

Modelo de Medición de la Gestión del Conocimiento en Docencia Universitaria: Caso de Estudio

Oscar Mayorga Torres, M.Sc.¹ Blanca Cecilia Torres Sotelo, M.Sc.² Leonardo Emiro Contreras Bravo, M.Sc.³

¹Facultad de Ingeniería – Ingeniería Industrial, Universidad de La Salle, Bogotá-Colombia, osmayorga@unisalle.edu.co

²Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá-Colombia, bctorress@udistrital.edu.co

³Facultad de Ingeniería – Ingeniería Industrial, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá-Colombia, lecontrerasb@udistrital.edu.co

Abstract—This paper describes the measurement model of knowledge management in university education using mathematical modelling; the work identifies reference model architecture (node-link) with five categories; then the variables in each category are specified and the equations of state of each metric. At the end it was validated through panel of experts (n = 10 profiles) and replicated r = 2 in a time window of one year.

Keywords – Knowledge management, metrics, experts, cycle.

I. INTRODUCCIÓN

Las personas, como componente del capital intelectual de las organizaciones están pasando de ser un recurso intangible a constituirse en uno de sus más importantes activos, en razón a lo anterior, las rígidas estructuras jerárquicas de forma piramidal que muchas empresas han optado como modelo de gestión sufren una transformación integral y mutan para constituirse en redes, comunidades o equipos basados en el conocimiento de sus integrantes, movilidad y flexibilidad en la comunicación, dinámica sistémica entre sus componentes, visión compartida y capacidad de interpretar, adaptar y apropiar las exigencias del entorno interno y externo.

II. CONCEPTUALIZACIÓN DEL MODELO

La estructura del modelo de gestión del conocimiento en docencia universitaria se basa y se estructura de acuerdo a la analogía de un modelo en red, con el fin de darle la mayor dinámica, flexibilidad y funcionabilidad posible, lo que permite compartir y tener acceso desde diferentes puntos o nodos al conocimiento. El modelo de gestión de conocimiento en docencia universitaria bajo la tipología de red, representa los medios de generación de conocimiento simbolizado en forma de nodos en un grafo, y las interrelaciones entre estos, se simboliza mediante arcos que unen dichos nodos (ver fig. 1). En principio, esta representación no impone restricción alguna acerca del tipo y el número de nodos y arcos que puede haber, con los que se pueden modelar estructuras de conocimientos tan complejas como sean necesarias. La estructura se basa de acuerdo a las siguientes componentes:

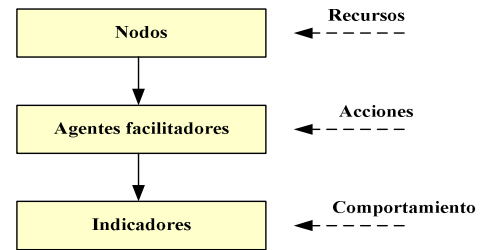


Fig. 1. Componentes de la estructura en red del modelo organizacional.

Fuente: Medina, V. H. (2004)

Siguiendo el enfoque de estructuración del modelo Intellect (medición y gestión de capital intelectual) de Bueno, E., (1998) [2], la adaptación del siguiente esquema permite una apreciación más detallada y resumida de las componentes del modelo.

A. Estructura General

El modelo de gestión del conocimiento en docencia universitaria representa en su arquitectura dos contextos: El primero explica en un nivel general la relación del entorno interno con el externo, mediante un proceso basado en el conocimiento; el segundo detalla las redes que componen los cinco nodos del modelo. En el primer caso, la universidad debe ser capaz de demostrar su capacidad de adaptación, flexibilidad y dinámica entre ambos entornos (interno-externo) y así lograr un balance mediante una serie de agentes facilitadores que se asocian al conocimiento y se gestionan de forma efectiva (ver fig. 2).

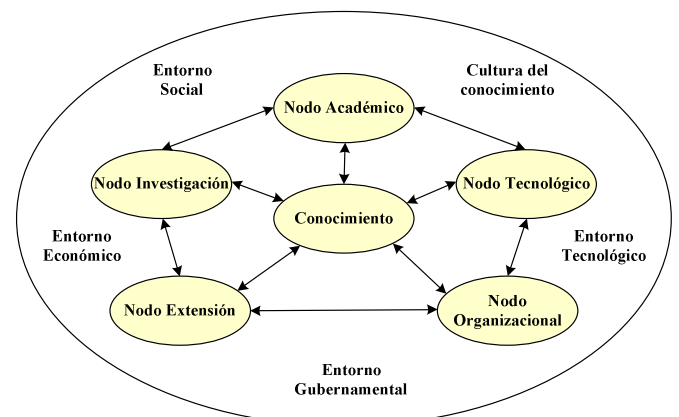


Fig. 2. Modelo de Gestión del Conocimiento en Docencia Universitaria.

Fuente: Mayorga Torres, O.; Medina García V.H. (20110).

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2016.1.1.133>

ISBN: 978-0-9822896-9-3

ISSN: 2414-6390

El modelo se fundamenta en cinco nodos interconectados: académico, investigación, extensión, organizacional y tecnológico; los cuales explican el entorno interno de la universidad, además concibe un eje central el cual funge como el núcleo del modelo en razón que este es la

B. Estructura Específica

Con el fin de facilitar la interpretación de la arquitectura del modelo, su conceptualización y contextualización entre los entornos internos y externo, se definen otros niveles de abstracción más elaborados que actúan como sub-nodos los

concepción y propósito del mismo: El conocimiento. La estructura de los nodos vértices forma lo que se podría denominar el “*Pentágono del Conocimiento*” en los cuales siempre se encuentran en permanente contacto y estos a su vez con el entorno externo.

cuales se conectan de forma directa y entre sí conformando diferentes niveles de apreciación en cada caso, es decir, de los nodos de la estructura principal (red principal) se forman sub-redes por cada nodos que forman una representación gráfica más entendible (ver fig. 3).

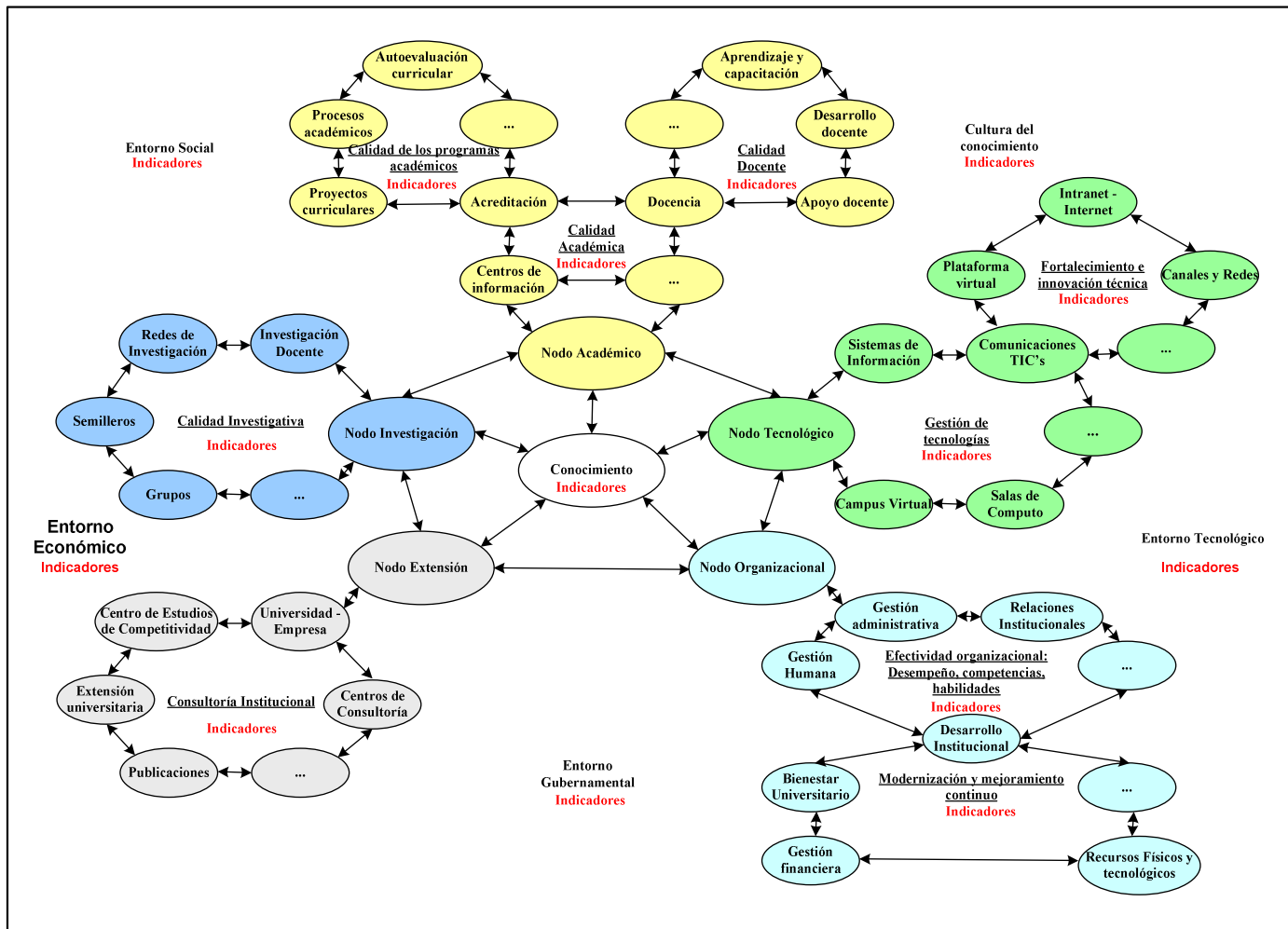


Figura 3. Modelo de Gestión del Conocimiento en Docencia Universitaria: Estructura específica. Fuente: Mayorga Torres, O.; Medina García V.H. (2011)

- **Nodos:** Son los recursos basados en el conocimiento, donde se genera o se transfiere conocimiento, y pueden realizar diversas funciones de procesamiento o de tratamiento requeridas internamente o a través de los enlaces de la red. Desde el punto de vista topológico, los nodos proveen agrupaciones de conocimiento con los enlaces físicos y virtuales entre los diversos canales que conforman la red de conocimientos. Los nodos principales del modelo son: Nodo de Conocimiento (Núcleo), Nodo

Académico, Nodo Organizacional, Nodo Investigación, Nodo Extensión y Nodo Tecnológico.

1. **Nodo de Conocimiento:** Conformar el núcleo del modelo de Gestión del Conocimiento en Docencia Universitaria; convirtiéndose en el eje esencial y fundamental. Analógicamente se puede asociar a un repositorio de

conocimiento¹, que facilita su efectividad en diferentes áreas de conocimiento, en entornos diferentes y con perfiles de usuario diferentes.

2. Nudo Académico: Hace referencia a las actividades propias del área académica; la producción del saber-hacer-ser y formación de profesionales. Articula la calidad de la docencia y de los programas buscando una formación más integral y holística.
3. Nudo Organizacional: Se encarga de posibilitar y apoyar las actividades específicamente universitarias que corresponden a la planeación, dirección, seguimiento y control de los asuntos económicos y administrativos de la Universidad y sus distintas dependencias. Conocimiento y organización son dos aspectos centrales de la actual reflexión sobre la necesaria transformación de la universidad. Pero algo que debe destacarse es el hecho de que estos dos ámbitos, que debieran verse como indisolublemente interrelacionados, son tratados en la realidad como mundos aparte. Se puede argumentar, en cambio, que es imposible innovar la manera de producir (comunicar, adaptar, aplicar) conocimientos sin cambiar la organización de la universidad: se requerirán de nuevas formas de relación entre los actores universitarios; de una concepción diferente de la administración de los recursos, incluyendo el conocimiento; de articulaciones creativas entre la investigación, la enseñanza y la extensión; de nuevas formas de aprehender y de vincularse con el entorno; de nuevos liderazgos, procesos de trabajo y formas de gobierno.
4. Nudo Tecnológico: Corresponde al conjunto de infraestructuras que permiten crear, acceder y difundir documentos, ideas o conocimientos a todos los miembros de la organización. Esta infraestructura incluyen ordenadores, programas estándar y desarrollos a la medida, acceso a telecomunicaciones, intranet, internet y soporte al usuario; todo ello de forma local o remota. Es decir que son los canales o herramientas mediante las cuales los colaboradores podrán participar, comunicar y compartir contenidos en los procesos de trabajo diario.
5. Nudo Investigación: Su función principal es la búsqueda permanente de una mayor comprensión y profundización del saber-hacer-ser, permite la ampliación del mismo y su proyección hacia condiciones concretas del país. La investigación aplicada recibirá especial atención dada las condiciones particulares del entorno social-científico-económico de la Universidad sin perder de vista la investigación formativa de sus miembros organizacionales. Dentro de este nodo se puede a su vez, esquematizar otros sub-nodos que apoyan la gestión del conocimiento en el contexto de Investigación como lo son grupos y semilleros.
6. Nudo Extensión: Articula la producción, difusión y aplicación del conocimiento en el entorno externo fortaleciendo los mecanismos de apropiación, transferencia y desarrollo de conocimiento entre los dos entornos (interno y externo); dicha connotación hace que la relación

sea más efectiva, dinámica, flexible y funcional en términos de los indicadores y recursos establecidos en el modelo.

- Agentes facilitadores: Las organizaciones obtienen unos resultados a través del comportamiento de sus agentes facilitadores, es decir, las actuaciones de su personal y el funcionamiento de sus procesos [1]. En las Universidad Distrital, los agentes facilitadores, son los elementos que van a permitir impulsar las acciones de la política y gestión; y estas se evalúan de acuerdo al comportamiento de dos contextos *Interno* y *Externo*.
- Indicadores: Por indicadores es el proceso sistemático de medir y valorar el conocimiento de la Universidad en relación a sus resultados económicos, sociales, de producción intelectual y del cumplimiento de sus objetivos estratégicos. Con lo anterior y como base para enunciar y definir una guía de indicadores de apoyo a la gestión del conocimiento en docencia universitaria de la Universidad, se consideraron como una totalidad, en razón que no existe una jerarquía alguna ni se establece predilección de uno sobre otro; ellos se complementan y potencian entre sí en cuanto a principios que sirven de base al juicio sobre la calidad. Los indicadores establecidos fueron: Impacto del conocimiento en la sociedad, investigación y academia; Cobertura de actuación de la universidad; producción intelectual medida en artículos científicos, libros y publicaciones seriadas (revistas); capacitación docente en postgrado (maestrías y doctorados), patentes (año), facilidad de acceso a medios administrativos, académicos y científicos (laboratorios, talleres), oferta en infraestructura, conectividad, Nivel de Bilingüismo, entre otros.

III. MODELO DE MEDICIÓN DE LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN DOCENCIA UNIVERSITARIA

Los números índices, o simplemente indicadores, proporcionan comparaciones entre datos correspondientes a diferentes situaciones, escalonadas con arreglo a algún criterio conocido (por ejemplo, por el transcurso del tiempo) (López Cachero, 2006). El indicador es la sumatoria numérica de varios indicadores de medición con respecto a una o varias variables, es una expresión de tipo cuantitativo que permite medir el desempeño de un sistema de carácter complejo a partir de un estado inicial.

Se exploró la metodología de las componentes principales categóricas para la determinación de las ponderaciones de los nodos pero debido a que el método genera valores de ponderadores que en la mayoría de casos no tienen una clara interpretación y que al ser fijos no permiten una modificación o un reajuste, resulta una mejor alternativa la implementación de los indicadores basados en la obtención de ponderadores por panel de expertos que genera resultados con una interpretación más clara y que da la posibilidad de actualizarlo, ajustarlo o adaptarlo a otros entornos

¹ Conjunto de datos/información que representan experiencias, problemas y soluciones relacionadas entre sí. Incluyen programas para buscar y recuperar información.

académicos diferentes a la Universidad. Al ser esta una primera aproximación a la construcción de un Índice de Gestión de Conocimiento *IGC* no se descarta la posibilidad de fortalecerlo en el futuro a través de métodos como el de las componentes principales, pero esto no sería posible sin las bases sólidas que esta aproximación inicial brinda.

A. Metodología de la formulación de los indicadores

Teniendo en cuenta las múltiples variables (nodos-anillos) del modelo y su interrelación entre sí (modelo de red) se toman para su validación estadística los indicadores sociales (sociales, académicos y económicos), de tal forma se puedan establecer un cuantificador (valor) del Pentágono de la Gestión del Conocimiento PGC en Docencia. La metodología para establecer los indicadores parte de la lógica de la estadística descriptiva (ver fig. 4) donde se parte del perfil de los individuos de la población para inferir la muestra.

Una vez definido el perfil se aplicó una encuesta (respuesta múltiple cerrada de 4 opciones) de percepción de la Gestión Docente en la Facultad de Ingeniería de la Universidad, la cual tenía como fin establecer la incidencia de la variable (nodo-anillo) en la población docente y su postura ante la Gestión del Conocimiento.

Posteriormente se ponderó porcentualmente los nodos y los anillos del Pentágono de la Gestión del Conocimiento PGC en la con el fin de determinar las categorías y así poder validar por medio de la herramienta estadística (ver fig. 4). Como se ponderan los nodos porcentualmente tendrá la siguiente fórmula:

$$\sum_1^5 \text{Nodos}(x_i) = 100 \% \quad [1]$$

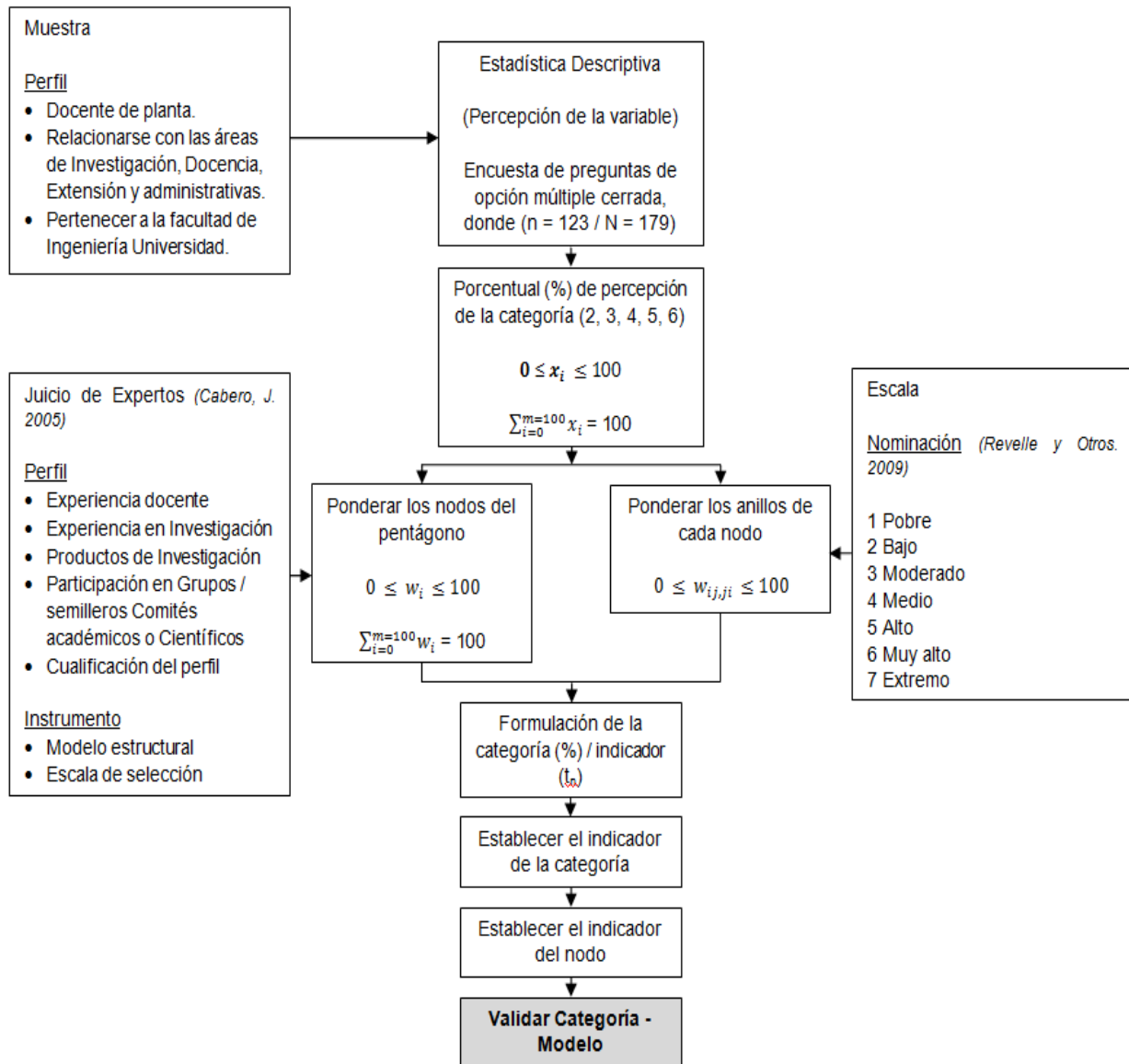


Fig. 4. Metodología de la validación. Fuente: Los Autores, 2015.

Tabla 1. Ponderaciones de la variable experto/nodo. Fuente: Los Autores, 2015.

Exp.	Nodo				
	Acad.	Inves.	Exten.	Org.	Tecno.
Exp. 1	V ₁₁	V ₁₂	V ₁₃	V ₁₄	V ₁₅
Exp. 2	V ₂₁	V ₂₂	V ₂₃	V ₂₄	V ₂₅
Exp. 3	V ₃₁	V ₃₂	V ₃₃	V ₃₄	V ₃₅
Exp. 4	V ₄₁	V ₄₂	V ₄₃	V ₄₄	V ₄₅
Exp. 5	V ₅₁	V ₅₂	V ₅₃	V ₅₄	V ₅₅
Exp. 6	V ₆₁	V ₆₂	V ₆₃	V ₆₄	V ₆₅
Exp. 7	V ₇₁	V ₇₂	V ₇₃	V ₇₄	V ₇₅
Exp. 8	V ₈₁	V ₈₂	V ₈₃	V ₈₄	V ₈₅
Exp. 9	V ₉₁	V ₉₂	V ₉₃	V ₉₄	V ₉₅
Exp.10	V _{10.1}	V _{10.2}	V _{10.3}	V _{10.4}	V _{10.5}

B. Formulación de los indicadores

Para la formulación de los indicadores de la PGC y los nodales se basa en la literatura de Indicadores sociales (sociales, académicos y económicos) que se encuentran en la literatura y que emplearon como herramienta estadística para la presente investigación. Con lo anterior, se tuvo en cuenta:

- Indicadores de Razón: Este indicadores mide el peso relativo que tiene la cantidad (A) en el numerador con respecto a la cantidad (B) en el denominador. Su expresión matemática es la siguiente:

$$IR = \frac{A}{B} * 100 \quad [2]$$

- Indicadores Sumatorio Ponderado: Mide la agregación de 2 o más indicadores parciales. Se llama ponderado porque asigna un peso específico a cada indicador dependiendo del grado de importancia que este tenga. Su expresión matemática es la siguiente:

$$IP = \sum_{i=1}^n w_i * a_i \quad [3]$$

Donde w_i y a_i son los ponderadores (pesos) e indicadores (cantidades) respectivamente.

- Prevalencia: Mide la prevalencia de una variación con respecto a la otra. Su expresión matemática es la siguiente:

$$IABS = \frac{(A-B)}{(B+A)} \quad [4]$$

- Media aritmética de indicadores: Como su nombre lo indica es un promedio de los indicadores. Su expresión matemática es la siguiente:

$$MAI = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n} \quad [5]$$

Una vez fijados los tipos de indicadores a utilizar, se procede a explicar de manera general la forma como se obtuvieron. Para ello resulta conveniente considerar la siguiente notación:

W_i : Ponderación asignada al nodo $i = 1,2,3,4,5,6^*$

$w_{i,j}$: Ponderación asignada a la categoría j del nodo i .

Donde $j = 1,2 \dots$ numero de categorías

C. Determinación de las ponderaciones de cada nodo

Como ya se determino anteriormente la ponderación se hizo a través de panel de expertos consultando a 10 personas conocedoras de Gestión del Conocimiento que designaron para cada nodo un valor del porcentaje de importancia de manera que se tiene una matriz de la siguiente característica: En donde V_{ij} es el valor de importancia determinado por i -esimo experto para el j -esimo nodo.

Con el fin de obtener un único valor de ponderación se obtiene la mediana de las valoraciones dadas por los expertos para cada nodo. Debido a que la mediana es una medida de tendencia central basada en la posición, no se deja afectar por datos extremos y permite dar un valor que represente la mayoría de las valoraciones. La mediana no tiene como tal una fórmula es más bien un algoritmo que se resume de la siguiente manera:

- Se ordena los valores en orden del menor al mayor.
- Se cuenta de derecha a izquierda, o al revés, hasta encontrar el valor o valores medios.

Se deben tener unas condiciones adicionales:

- Si la cantidad de datos es impar, la mediana es el valor que ocupa la posición $(N + 1)/2$ una vez que los datos han sido ordenados (en orden creciente o decreciente), porque éste es el valor central. Es decir:
 $M_e = X(n + 1)/2$.
- Si la cantidad de datos es par, la mediana es la media aritmética de los dos valores centrales. Cuando n es par, los dos datos que están en el centro de la muestra ocupan las posiciones $n/2$ y $(n/2) + 1$. Es decir:
 $M_e = (X_{\frac{n}{2}} + X_{\frac{n}{2}+1})/2$.

A Continuación se presenta una parte de la tabla 2 donde se muestra el peso (W_i) que le fue asignado a cada categoría del nodo académico y su respectiva desagregación al interior($w_{i,j}$).

Tabla 2. Ejemplo Ponderación nodo académico por categoría. Fuente: Los Autores, 2015.

Nodo	Categoría	Ponderación	Abreviatura
Académico (25%)	1	2%	Nap1
	2	4%	Nap2
	3	4%	Nap3
	4	5%	Nap4
	5	3%	Nap5
	6	2%	Nap6
	7	2%	Nap7
	8	2%	Nap8
	9	3%	Nap9
	10	3%	Nap10
	11	5%	Nap11
...
n	Σ %	Nap(n)	

Como se puede apreciar al nodo académico de se le asigno un peso del (W_i) = 25%, (Panel de expertos, categoría ponderada por múltiples fuentes) dicho porcentaje de desagregó en pesos más pequeños ($w_{i,j}$) dependiendo de la importancia de la categoría al interior del nodo.

$IR_{i,j,k}$ = Indicador de razón del nodo i de la categoría j categoría k . [6]

Cada categoría tiene k categorías de posibles respuestas, a manera de ejemplo se considera la categoría 1 del nodo académico a una pregunta categórica la muestra responde $IR_{1,1,1} = 68,72\%$. Este indicador de razón corresponde al nodo 1 (académico), pregunta 1, categoría 1 (“Si”). En términos generales, de cada categoría se obtuvo un indicador. La forma de obtenerlo se basó en la prevalencia o el incremento porcentual del cambio (o que tan grande) es una variable con respecto a la otra. Para el ejemplo anterior el cambio porcentual (prevalencia) entre los que respondieron SI y los que indicaron un NO es del 37%, esto indica que el número de personas que respondieron afirmativamente supera en ese porcentaje al resto.

En general este indicador se denominara dentro de la presente investigación como: Factor de corrección por respuesta (FCR) y su cálculo viene expresado por la siguiente fórmula:

$$FCR_{i,j} = \frac{IR_{i,j,+} - IR_{i,j,-}}{100} \quad [7]$$

Donde $IR_{i,j,+}$ es el porcentaje de personas que respondieron afirmativamente a la categoría y $IR_{i,j,-}$ el porcentaje de individuos que indicaron un No como respuesta. Como esta comparación solo se puede dar entre dos categorías u opciones de respuesta, y en la encuesta existen preguntas con más de una categoría, se vio la necesidad de fusionar aquellas categorías que de alguna forma recogían una percepción positiva o negativa para poder reformular $IR_{i,j,+}^*$ o $IR_{i,j,-}^*$ respectivamente.

La forma de re calcular estos nuevos indicadores de razón depende del número de categorías que presente la pregunta, de acuerdo a esto se tiene:

-FCR para preguntas con 3 categorías:

$$FCR_{i,j} = \frac{IR_{i,j,+}^* - IR_{i,j,-}^*}{100} \quad [8]$$

$$FCR_{i,j} = \frac{(IR_{i,j,k} + (IR_{i,j,k+1}/2)) - (IR_{i,j,k+2} + (IR_{i,j,k+1}/2))}{100} \quad [8^*]$$

Donde K corresponde a la categoría favorable, la $K+1$ a la categoría media y la $k+2$ la categoría desfavorable. La idea de esta repartición radica en el siguiente razonamiento: Cómo el nivel medio no genera un aporte significativo en la determinación de favorabilidad o des favorabilidad se hará una repartición equitativa (la mitad del porcentaje para cada uno) del porcentaje de respuestas en este nivel a los dos niveles extremos de manera que se pueda hacer una

comparación entre dos porcentajes. A continuación se presenta un ejemplo para el nodo académico, pregunta 5:

Pregunta: ¿Piensa usted que la calidad de los proyectos curriculares es de nivel?:

Respuesta	%
Alto	68,16
Medio	25,14
Bajo	6,70
Totales	100,00

$$FCR = ((68.16\% + (1/2)*25.14\%) - (6.7\% + (1/2)*25.14\%))/100 \quad [8^{**}]$$

$$FCR = 0,61452514 = 61.45\%$$

Esto indica que el número de docentes que manifestaron un opinión favorable acerca de la calidad de los proyectos curriculares supera en un 61.4 % a los que manifestaron una opinión en contra.

-FCR para preguntas con 4 de categorías

El cálculo de este factor de corrección por respuesta de basa en el promedio de indicadores tal como sigue:

$$FCR_{i,j} = \frac{IR_{i,j,+}^* - IR_{i,j,-}^*}{100} \quad [9]$$

$$FCR_{i,j} = \frac{\text{Promedio}(IR_{i,j,k}, IR_{i,j,k+1}) - \text{Promedio}(IR_{i,j,k+3}, IR_{i,j,k+4})}{100} \quad [9^*]$$

Aquí las primeras dos categorías representan posiciones positivas y las restantes negativas. A manera de ilustración considere el siguiente ejemplo: Pregunta: ¿Cree usted que es eficiente el sistema de información de la universidad?

Respuesta	%
Siempre	15,08
Algunas veces	59,78
Pocas veces	21,79
Nunca	3,35
Totales	100,00

$$FCR = (\text{Promedio} (\%15.08, \%59,78) - \text{promedio} (\%21,79, \%3,35))/100 \quad [9^{**}]$$

$$FCR = 0,220670391 = 22.06\%$$

La interpretación se realiza de igual forma a los anteriores ejemplos.

-FCR para preguntas con 5 de categorías

Este caso es una combinación de las preguntas de 3 y las de 4 categorías en donde los dos valores asociados con favorabilidad (Excelente y Muy bueno) y los dos asociados con des favorabilidad (regular y malo) se promedian y el valor del centro se reparte equitativamente. La formula viene dada por:

$$FCR_{i,j} = \frac{IR_{i,j,+}^* - IR_{i,j,-}^*}{100} \quad [10]$$

$$FCR_{ij} = \frac{(\text{Promedio}(IR_{ij,k}, IR_{ij,k+1}) + (IR_{ij,k+3}/2)) - (\text{Promedio}(IR_{ij,k+4}, IR_{ij,k+5}) + (IR_{ij,k})/2)}{100}$$

[10*]

Como ejemplo considere la siguiente pregunta del nodo tecnológico: Pregunta: ¿Piensa usted que los sistemas de comunicación inalámbrica de la universidad son?:

Respuesta	%
Excelente	3,91
Muy bueno	7,82
Bueno	45,81
Regular	19,55
Malo	22,91
Totales	100

$$FCR = ((\text{Promedio}(3,91\%, 7,82\%) + (1/2)*45,81\%) - (\text{promedio}(19,55\%, 22,91\%) + (1/2)*45,81\%))/100$$

[10**]
FCR = 0,153631285 = 15,36%

Como ejemplo especial se presenta la siguiente pregunta del nodo tecnológico: ¿Cuáles son los medios de comunicación que usted emplea para comunicarse con los actores académicos de la Universidad? (diferente al teléfono móvil y fijo)

Respuesta	%
Correo electrónico	49,16
Chat de la universidad	1,68
Correo personal	19,55
Correo institucional externo	14,53
Chat de redes sociales	10,06
Twiter	5,03
Totales	100,0

Como en este caso no existen categorías favorables y desfavorables sino que más bien el uso de alguna de estos medios de comunicación es una ganancia se ha decidido no hacer una resta de porcentajes por categorías y más bien sumarlos haciendo un aporte total de la siguiente manera:

$$FCR = (49,16\% + 1,68\% + 19,55\% + 14,53\% + 10,06\% + 5,03\%)/100$$

[11**]

IV. VALIDACIÓN DE LOS INDICADORES DEL PGC

Una vez se ha mostrado como se formulan y calculan los FCR para cada categoría al interior de cada nodo, se procede al cálculo de un indicadores al interior de cada nodo basado en el concepto de indicadores sumatorio ponderado explicado al principio de este capítulo. De acuerdo a lo anterior se define los indicadores ponderados del i-ésimo nodo:

$$IP_i = \sum_{j=1}^{q_i} w_{ij} * FCR_{ij}$$

[12]

Donde q_i es el número de categorías en el i-ésimo nodo.

A. Calculo de los indicadores ponderados por nodo

El cálculo de los indicadores ponderados por nodo representa **14th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Engineering Innovations for Global Sustainability"**, 20-22 July 2016, San José, Costa Rica.

el peso de cada categoría sobre la percepción de la Gestión del Conocimiento en Docencia Universitaria y que corresponde al modelo PGC, a continuación se expresa el desarrollo para el nodo académico, seguidamente se colocan los indicadores determinados en el aplicativo de Excel®:

$$IP_1 = (2\%FCR_{1,2} + 4\%FCR_{1,3} + 4\%FCR_{1,4} + 5\%FCR_{1,5} + 3\%FCR_{1,6} + 2\%FCR_{1,7} + 2\%FCR_{1,8} + 2\%FCR_{1,9} + 3\%FCR_{1,10} + 3\%FCR_{1,11} + 5\%FCR_{1,12} + 6\%FCR_{1,13} + 6\%FCR_{1,14} + 6\%FCR_{1,15} + 6\%FCR_{1,16} + 7\%FCR_{1,17} + 7\%FCR_{1,18} + 7\%FCR_{1,19} + 8\%FCR_{1,20} + 6\%FCR_{1,21} + 7\%FCR_{1,22})$$

$$IP_1 = 0,043631285 \quad [12^* a]$$

$$IP_2 = 0,40731844 \quad [12^* b]$$

$$IP_3 = -0,5232402 \quad [12^* c]$$

$$IP_4 = 0,05047486 \quad [12^* d]$$

$$IP_5 = -0,0063407 \quad [12^* e]$$

De lo anterior se puede analizar:

- IP_1 (Nodo académico), tiene una prevalencia estadística del 4.36% sobre la percepción de la Gestión de Cocimiento en la Universidad.
- IP_2 (nodo investigación), tiene una prevalencia estadística del 40.73% sobre la percepción de la Gestión de Cocimiento en la Universidad a través del PGC, es el índice mayor y expresa la importancia la de investigación en el actuar de la gestión del Conocimiento.
- IP_3 (nodo extensión), tiene una prevalencia estadística del -52.32% sobre la percepción de la Gestión de Cocimiento en la Universidad a través del PGC, este caso es particular e indica que se debe fortalecer de forma sostenida y creciente el impacto de la Gestión del Conocimiento por parte de la facultad en el medio externo (Empresas privadas-públicas, entidades gubernamentales, entidades de carácter académico e investigativo, entre otras).
- IP_4 (nodo organizacional), tiene una prevalencia estadística del 5.04% sobre la percepción de la Gestión de Cocimiento en la Universidad a través del PGC
- IP_5 (nodo tecnología), tiene una prevalencia estadística del -0.63% sobre la percepción de la Gestión de Cocimiento en la Universidad a través del PGC, aunque es negativa la percepción le queda más fácil mutar a un estado virtuoso en la medida que los mecanismos, herramientas y estrategias que adopte la en mediano plazo posibilitan el paso de un estado bajo (debilidad) a un estado de crecimiento (potencialidades)

B. Calculo ponderado del PCG

Este cálculo se puede expresar de dos formas, la primera por la sumatoria ponderada de los nodos y multiplicada por el peso porcentual de cada nodo; la segunda por la multiplicación interna del ponderado del nodo por las categorías de cada nodo (ver fórmula 14).

$$IGC = \sum_{i=1}^5 W_i * IP_i \quad [13]$$

$$IGC_i^{**} = P_j \sum_{i=1}^5 w_{ij} * FCR_{i,j} \quad [14]$$

a. Nodo Académico ponderado (IGC**):

$$\begin{aligned} IGC_1^{**} = & 25\% (2\%FCR_{1,2} + 4\%FCR_{1,3} + 4\%FCR_{1,4} \\ & + 5\% FCR_{1,5} + 3\% FCR_{1,6} + 2\%FCR_{1,7} \\ & + 2\% FCR_{1,8} + 2\% FCR_{1,9} + 3\%FCR_{1,10} \\ & + 3\% FCR_{1,11} + 5\% FCR_{1,12} \\ & + 6\% FCR_{1,13} + 6\% FCR_{1,14} \\ & + 6\% FCR_{1,15} + 6\%FCR_{1,16} \\ & + 7\% FCR_{1,17} + 7\% FCR_{1,18} \\ & + 7\% FCR_{1,19} + 8\% FCR_{1,20} \\ & + 6\%FCR_{1,21} + 7\% FCR_{1,22}) \\ = & \mathbf{0,010907821} \end{aligned}$$

El valor 0.01097821 es el indicador que obtiene la facultad en el nodo académico y demuestra la percepción de los docentes en cuanto a la Gestión del Conocimiento.

b. Nodo Investigación ponderado (IGC**):

$$\begin{aligned} IGC_2^{**} = & 25\% (8\% FCR_{2,1} + 8\%FCR_{2,2} + 8\%FCR_{2,3} + 8\%2 \\ & + 8\%FCR_{2,4} + 8\% FCR_{2,5} + 8\%FCR_{2,6} \\ & + 8\%FCR_{2,7} + 6\%FCR_{2,8} + 7\% FCR_{2,9} \\ & + 5\% FCR_{2,10} + 3\% FCR_{2,11} \\ & + 3\% FCR_{2,12} + 3\%FCR_{2,13} + 3\%FCR_{2,14} \\ & + 3\%C. FCR_{2,15} + 3\% CFCR_{2,16}) \\ = & \mathbf{0,101829609} \end{aligned}$$

Para el resto de los nodos se tiene:

c. Nodo Académico extensión (IGC**):

$$IGC_3^{**} = -0,104648045$$

d. Nodo Académico organizacional (IGC**):

$$IGC_4^{**} = 0,007571229$$

e. Nodo Académico tecnológico (IGC**):

$$IGC_5^{**} = 0,014048883$$

Finalmente la Gestión del Conocimiento GC se construye como la relación lineal de los nodos, para lo anterior se adjuntas las tablas diseñadas en la herramienta Excel ® (2012) Ver tablas por cada nodo 12, 13, 14, 15 y 16.

Relación lineal de los nodos de la Gestión del Conocimiento

$$\begin{aligned} GC = & 0.25 * \text{Nodo Académico} + 0.25 \\ & * \text{Nodo Investigación} + 0.2 \\ & * \text{Nodo Extensión} + 0.15 \\ & * \text{Nodo Tecnológico} + 0.15 \\ & * \text{Nodo Organizacional} \\ = & NAP + NIP + NEP + NTP + NOP \\ = & 0,010907821 + 0,101829609 \\ & - 0,104648045 + 0,014048883 \\ & + 0,007571229 = \mathbf{0,029709497} \end{aligned}$$

El instrumento logro determinar la percepción del colectivo de docentes de la facultad en cuanto a Gestión del Conocimiento, a su vez se le da validez al modelo en red PGC propuesto en la presente investigación, calculando los índices por categoría, por anillo y por nodo del Modelo. Para finalizar la tabla 17 muestra el resumen de los datos obtenidos para el Indicador de Gestión del Conocimiento

Tabla 3. Indicadores IGC en PGC. Fuente: Los Autores, 2015.

Nodo	IP _i	Ponderación	IGC ^{**}
Académico	0,04363128	0,25	0,010907821
Organizacional	0,05047486	0,15	0,007571229
Extensión	-0,6976536	0,15	-0,104648045
Investigación	0,40731844	0,25	0,101829609
Tecnológico	0,07024441	0,20	0,014048883
IGC			0,029709497

A continuación se grafica la ponderación de cada uno de los nodos (ver figuras 23 y 24)

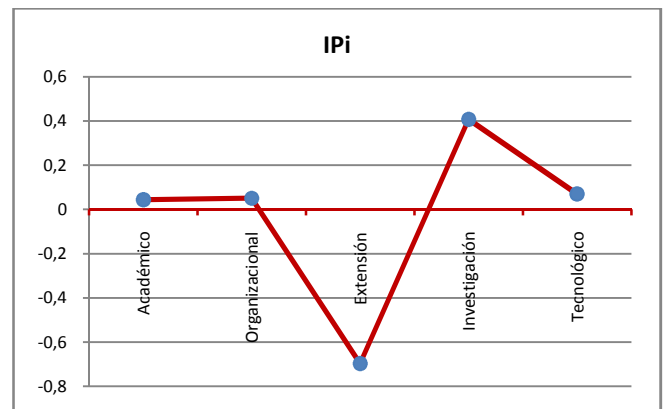


Fig. 5. IPi de los nodos. Fuente: Los Autores, 2015.

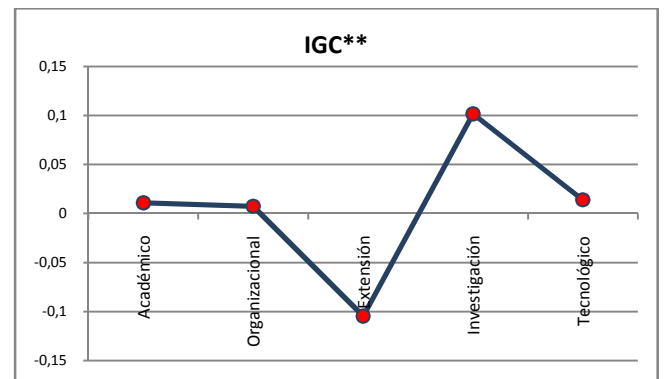


Fig. 6. IGC** de los nodos. Fuente: Los Autores, 2015.

En ambas se puede observar que el nodo de extensión es el de menor prevalencia sobre el Indicador de la Gestión del Conocimiento IGC en PGC en la facultad.

CONCLUSIONES

La medición de la gestión del conocimiento en docencia universitaria implica contemplar muchos escenarios en los cuales el docente como eje del movimiento transversal y vertical del conocimiento tiene acción directa, el presente

trabajo desarrolla un modelo de medición del conocimiento en docencia universitaria valiéndose de Modelamiento matemático a partir de métricas de desempeño docente por áreas de trabajo y en el cual se logra determinar que para el escenario objeto de estudio de la investigación espacios como la extensión y pertinencia social de la investigación en empresas, sectores y la misma sociedad es muy pobre, inclusive el índice de cohesión y desempeño que se establece es negativo dejando a la universidad y en el caso particular a la facultad en saldo negativo frente a su papel.

En la validación fue importante el perfilamiento del panel de expertos en razón que se pudo identificar oportunidades de mejora en cuanto a las categorías establecidas, por otro lado la réplica (trabajo de campo) se realizó en dos oportunidades por el periodo de un año, esto se usó como insumo de retroalimentación de los GAP's del modelo frente a las métricas teóricas y los datos reales.

Como estudios futuros se plantea hacer una réplica en la facultad de ciencias administrativas y económicas y posteriormente escalar el modelo a toda la organización universitaria.

REFERENCIAS

- [1] Andrade, J. (2002). Un marco metodológico para el modelado conceptual. Tesis doctoral. España: Universidade da Coruña, Coruña, España.
- [2] Bueno, E., (1998). Proyecto Intellect. Boletín del Club Intellect, Madrid, España.
- [3] Caeiro, M.; Mikic, F.; Anido, L.; Llamas, M. (2003). Análisis de Componentes para un modelo de descripción de unidades de aprendizaje heterogéneas. Tercer congreso iberoamericano de telemática CITA. Montevideo, Uruguay.
- [4] Castells, M. (1997). La era de la información. Economía, cultura y sociedad. Alianza editorial, Madrid, España.
- [5] CNA- Consejo Nacional de Acreditación de Colombia. (2003). Lineamientos para la acreditación de programas, Bogotá, Colombia.
- [6] Cobos Pérez, R. (2003). Mecanismos para la cristalización del conocimiento, una propuesta mediante un sistema de trabajo colaborativo. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid, España.
- [7] Corchado, J. M., Molina, J. M. (2002). Introducción a la teoría de agentes y sistemas multiagente. Editorial publicaciones científicas. Salamanca, España.
- [8] Donini, A. O.; De Donini, M. C. (2003). La Gestión universitaria en el siglo XXI: Desafíos de la sociedad del conocimiento a las políticas académicas y científicas. en documentos de trabajo N° 107, Universidad de Belgrano, Argentina.
- [9] Guillaumín Tostado, A. (2001). Complejidad, transdisciplina y redes: hacia la construcción colectiva de una nueva universidad. En Revista online de la Universidad Bolivariana, Volumen 1. Caracas, Venezuela.
- [10] Jackson, C. (2000). Process to product: creating tools for knowledge management. Conferencia internacional the knowledge management. Lisboa, Portugal.
- [11] Joyanes Aguilar, L. (2002). Un paso hacia los modelos de gestión del conocimiento desde un Enfoque de procesos. En libro de actas del CISTI'02 Congreso internacional de sociedad de la información. Madrid, España.
- [12] Martínez Ramírez, M.; Jiménez, R. (2001). Formación de Profesores universitarios en el núcleo luz-col: articulación a los procesos de gestión del conocimiento". Caracas, Venezuela.
- [13] Mayorga Torres, O.; Medina García V.H. (2011). Modelo de gestión del conocimiento en docencia universitaria: Caso Universidad Distrital. CISTI'11 Conferencia ibérica de sistemas y tecnologías de la información. ISBN 978989-9624740. Chaves, Portugal.
- [14] Mayorga Torres, O.; Torres Sotelo, B.C.; Contreras Bravo L.E. (2014). The life cycle of knowledge management as organizational strategy. CISTI'14 Conferencia ibérica de sistemas y tecnologías de la información. ISBN 978989-9843424. Barcelona, España.
- [15] Medina, V. H. (2004). Modelo organizacional y tecnológico para la gestión del conocimiento en la universidad: Aplicación en la Universidad Distrital - Colombia. tesis doctoral. Universidad Pontificia de Salamanca. Madrid, España.
- [16] Moral, A.; Pazos, J. y otros. (2007). Gestión del conocimiento. Editorial. Thompson, Madrid, España.
- [17] Nonaka, I.; Takeuchi, H. (2000). La organización creadora de conocimiento. cómo las compañías japonesas crean la dinámica de la innovación. Oxford University Press. Estados Unidos.
- [18] Paradela, L. (2001). Una metodología para la gestión del conocimiento. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.
- [19] Tiwana, A. (2002). The knowledge management toolkit. practical techniques for building a knowledge management system. Prentice Hall. New York, Estados Unidos.