



Sistema experto difuso para la medición del capital humano en instituciones de educación superior en Colombia

Fuzzy expert system for the human capital measurement in higher education institutions of Colombia

MORENO-LÓPEZ, Gustavo A. [1](#); LONDOÑO-MONTOYA, Erika M. [2](#); GÓMEZ-BAYONA, Ledy T. [3](#); BECERRA, Miguel A [4](#)

Recibido: 14/02/2017 • Aprobado: 22/03/2017

Contenido

- [1. Introducción](#)
- [2. Fundamento teórico](#)
- [3. Metodología](#)
- [4. Resultados](#)
- [5. Conclusiones](#)
- [Referencias](#)

RESUMEN:

Las organizaciones de carácter educativo, particularmente las Instituciones de Educación Superior (IES), presentan como uno de sus recursos más importantes dentro de los activos intangibles, el capital humano, cuya medición es compleja debido a la dinámica intrínseca y diversa del mismo. En este trabajo se propone un sistema de inferencia difuso que recopila el conocimiento de diferentes expertos para la valoración del capital humano en IES en Colombia a partir de 4 dimensiones (Nivel de Formación, Habilidades, Experiencia laboral y Satisfacción Laboral). El sistema fue construido a partir de un conjunto de métricas seleccionadas por expertos, considerando más de treinta variables orientadas a mejorar el desempeño en la medición y valoración del capital humano, particularmente docentes de las IES en Colombia.

Palabras clave: Capital Humano, Sistema experto, medición, instituciones de educación superior, docentes.

ABSTRACT:

The education institutions, particularly the higher education institutions (HEI) present the human capital as one of its most important resources within intangible assets but the measure is complex because of its intrinsic and diverse dynamic. In this paper, we propose a fuzzy inference system that compiles the knowledge of different human experts for the evaluation of human capital in HEI in Colombia from 4 dimensions (level of training, skills, work experience, and job satisfaction). The system was constructed from a set of metrics selected by human experts, taking into account more than 30 variables oriented to improve the performance in the human capital measurement and valuation, in particular the IES teachers in Colombia.

Keywords: Human Capital, expert system, measurement, high education institutions

1. Introducción

Los activos intangibles son en la actualidad, uno de los bienes máspreciados por las organizaciones, por su capacidad para crear valor y su posicionamiento como ventaja competitiva. Sin embargo, su medición y valoración representan un gran interés en materia investigativa, por la variedad de trabajos desarrollados en los que se pueden identificar numerosos criterios y técnicas para medir el Capital Intelectual de una organización, que buscan generar posturas pertinentes con una realidad donde, con la llegada de la Era del Conocimiento, el modelo de trabajador altamente calificado que basa su trabajo en el conocimiento, ha ido reemplazando al obrero industrial respecto al valor que puede aportarle a la organización, y como consecuencia de esto, desde finales del siglo XX, el crecimiento económico y las ventajas competitivas ya no provienen de la materia prima o de los músculos, sino que, por el contrario, tienen como origen las ideas y el

know how (Bradley, 1997). Esta investigación pretende conocer cuáles son los aspectos más representativos en el Capital Humano (CH) y al mismo tiempo identificar cuál es la manera más acertada para medirlos en función de la gestión académica que se realiza al interior y exterior de los entornos universitarios.

En este trabajo, se propone un sistema de inferencia difuso que recopila el conocimiento de diferentes expertos para la valoración del capital humano en IES en Colombia a partir de 4 dimensiones (Nivel de Formación, Habilidades, Experiencia laboral y Satisfacción Laboral). El sistema considera más de treinta variables calificadas por diferentes expertos mostrando un adecuado desempeño en consideración a los expertos para la valoración del capital humano, particularmente docentes de las IES en Colombia.

Este artículo presenta un fundamento teórico consistente en una revisión del concepto de Capital Humano y de los diferentes modelos existentes desarrollados para su medición, así como la descripción de las dimensiones de este capital y se explica el concepto de sistema experto difuso, bajo el cual se diseñó el modelo propuesto en este trabajo. Adicionalmente, se presenta la metodología llevada a cabo para el desarrollo de la propuesta, los resultados obtenidos sobre el desempeño del modelo y finalmente, las conclusiones y trabajos futuros.

2. Fundamento teórico

2.1. Capital Humano

La nueva era del conocimiento ha generado un cambio en la mirada de las organizaciones respecto a aquellos activos que constituyen su mayor fuente de valor y ventaja competitiva, como es el Capital Intelectual, activo intangible que representa especialmente, los conocimientos, habilidades y capacidades que posee la empresa y que provienen principalmente de sus empleados, las cuales a su vez son generadoras de conocimiento, que se transforman en nuevas alternativas de crecimiento y desarrollo económico. (Bueno, Del Real, Fernández, Longo, Merino, Murcia & Salmador, 2011)., (Cegarra y Moya, 2003), (Dumay, 2012), (Edvinsson, 1996), (Edvinsson & Kivikas, 2007), (Aisenberg, 2015), (Sumedrea, 2013), (Villafañe, 2005), (Roos & Roos, 1997), (Roos, 2001).

Para Kaplan y Norton (2004) los activos intangibles, a diferencia de los activos financieros y físicos, son únicos, específicos e inimitables, lo que los convierte en una poderosa fuente de ventaja competitiva sostenible, pero a su vez, estas características los hacen difíciles de medir y cuantificar, por lo que se dificulta también su gestión. El desarrollo del concepto de Capital Intelectual (CI), ha permitido determinar tres componentes fundamentales Capital Humano, Capital Relacional y Capital Estructural (Martín de Castro, G., Alama Salazar, E.M., López Sáez, P. & Navas López, J.E., 2009), sobre los cuales se han desarrollado numerosos modelos para la medición y gestión de capital intelectual, que pretenden interpretar el desarrollo de las personas en las organizaciones. Sin embargo, se rescatan tres enfoques representativos "financiero-administrativo" (1992-2001), "enfoque estratégico corporativo" (1997-2001); y "enfoque social-evolutivo" (2000-2005). (Bueno et al., 2008).

Uno de los mayores intereses encontrados en la literatura gira alrededor de la identificación, medición y valoración del Capital Humano (CH), entendido como las capacidades, actitudes, destrezas y conocimientos que cada miembro de la empresa aporta a esta, es decir, forman activos individuales e intransferibles. Este capital no puede ser de propiedad de la compañía (Edvinsson-y-Malone, 1998).

El CH representa el resultado de la combinación de diferentes variables, especialmente: conocimientos, capacidades, habilidades, valores y actitudes, interactuando en contextos culturales, económicos, políticos y sociales específicos, que le incorporan, a través de la experiencia, formación en la identidad de cada persona y con lo que podrá generar valor en una organización social. En el CH, la diferencia entre lo emocional y lo operativo, admite identificar y medir las relaciones existentes entre los aspectos que hacen parte de la estructura de cada componente; sin embargo, deben tenerse en cuenta aspectos que potencialicen la formación técnica que está dentro del componente operativo, al igual que es necesario definir mediciones para aquellos aspectos emocionales que invitan a identificar las capacidades de cada individuo (Navas y Ortiz, 2002), lo que permite dimensionar las condiciones de evaluación requeridas por una organización para identificar las características básicas de su CH.

El CH ha sido considerado en múltiples investigaciones, como el componente del CI que más explica el crecimiento de la productividad de una organización a largo plazo (Saá y Ortega, 2002), y presenta la mayor frecuencia de utilización en los diferentes modelos de medición del CI, articulando los conocimientos, las capacidades y las experiencias del personal, es decir, recoge los principales recursos para generar ventaja competitiva en la organización. La Tabla 1 recopila las variables en las que se descompone el CH en algunos modelos reportados en la literatura para la medición del CI.

Tabla 1. Modelos de medición del capital humano

Modelo	Autor y año	Variables del CH
--------	-------------	------------------

Balanced Business Scorecard (BSC)	Kaplan y Norton, 2002	<p>Perspectiva de aprendizaje y crecimiento:</p> <p>Capacidad y competencia de las personas (gestión de los empleados): satisfacción de los empleados, productividad, necesidad de formación, entre otros.</p> <p>Sistemas de Información</p> <p>Cultura-clima-motivación para el aprendizaje y la acción: iniciativa de las personas y equipos, la capacidad de trabajar en equipo, el alineamiento con la visión de la empresa, entre otros</p>
Modelo de la Universidad de Western Ontario	Bontis, 1996	Relaciones de causalidad del CH con el capital clientes y el capital estructural.
Modelo del Canadian Imperial Bank	Saint Onge, 1996	<ul style="list-style-type: none"> - Aprendizaje individual - Aprendizaje en equipo - Aprendizaje organizacional - Aprendizaje de clientes
Navigator Skandia de Capital Intelectual	Edvinsson y Malone, 1997	Conocimientos, habilidades, actitudes: Número de Empleados, Número de Gerentes, Gasto de Capacitación de Empleados, Nivel de Escolaridad de los Empleados, etc.
Technology Broker	Brooking, 1997	Activos humanos
Intangible Assets Monitor	Sveiby, 2000	Competencias de las personas: planificar, producir, procesar o presentar productos o soluciones, considerando aspectos como la educación, experiencia, "know how", conocimientos, habilidades y actitudes
Modelo Capital intelectual	Drogonetti y Roos, 1998	<p>Competencias</p> <p>Actitud</p> <p>Agilidad intelectual</p>
Modelo Intelect	IU Euroforum Escorial, 1998	<p>Conocimiento de personas y grupos</p> <p>Satisfacción del personal</p> <p>Tipología del personal</p> <p>Competencias de las personas</p> <p>Liderazgo</p> <p>Estabilidad: riesgo de pérdida</p> <p>Mejora de las competencias</p> <p>Capacidad de innovación de las personas y equipos</p>
Modelo Nova	Camisón, Palacios y Devece, 2000	Papel de la innovación en el capital humano

Modelo Intellectus	IADE, 2003	Valores y actitudes Aptitudes Capacidades
Modelo Intellectus	IADE, 2011	Actitudes y contrato psicológico" (ACP) Orientación al cliente (OC). Creación de valor (CV). Conocimiento del negocio (CN) Motivación (M). Desarrollo personal (D) Trabajo en equipo (TE). Compromiso – Sentimiento de pertenencia (COM).

Fuente: Elaboración propia

Al analizar las variables asociadas a la valoración o medición del capital humano en los diferentes modelos, se identifica con claridad que cada uno de los autores está intentando determinar las características o las variables asociadas al capital humano con respecto a su medición; y en esas características o variables se pueden destacar, el conocimiento, como aquel elemento que le permite al ser humano, comprender y apropiarse de diferentes alternativas y estrategias para definir una ruta en la consecución de un objetivo, sea este individual, grupal u organizacional; de otra parte se puede identificar el análisis de las habilidades, entendidas como la acción o capacidad para resolver situaciones de la vida cotidiana con la base de conocimiento que posee, y en el siguiente orden se considera que la actitud o disposición para utilizar su conocimiento, su habilidad con diligencia, disposición y discernimiento frente a cada situación de nuestra realidad.

Las afirmaciones anteriores se podrían contrastar con algunos planteamientos como el expresado por Xiao y Lo, (2003), para comprender el desarrollo del capital humano que transforma la economía, enfocado en lo siguiente:

- El alcance del cambio en el lugar de trabajo
- El Capital humano como fuerza de trabajo sustentado en su educación
- Las alternativas de formación y su relevancia para el lugar del trabajo
- El proceso y el contenido del aprendizaje de los empleados en el lugar de trabajo
- Las diferentes opciones de formación y educación.

Para este trabajo se han clasificado las variables del CH en cuatro componentes; conocimiento, experiencia laboral, habilidades y satisfacción laboral.

Los conocimientos o más concretamente, lo que la empresa sabe, es considerado en las economías de finales del siglo XX y de principios del siglo XXI, como la fuente principal de creación de ventajas competitivas de una empresa, brindando especial atención en cómo usa lo que sabe y en su capacidad de aprender cosas nuevas pertinentes a la organización, resaltando que esto solo se consigue si se logra desarrollar el intelecto de los trabajadores u obreros de una empresa mediante la constante capacitación y actualización de sus conocimientos.

El (CH), considerado uno de los más importantes capitales en el desarrollo del Capital Intelectual (CI), comprende y analiza las habilidades y destrezas que las personas van adquiriendo a lo largo de su vida, bien sea por medio de estudios formales, como aquellos que se realizan al interior de las IES, o por conocimientos informales, que son los que adquieren las personas a partir de la experiencia (Bueno, Paz Salmador, & Merino, 2008).

Las habilidades del individuo son consideradas como uno de los aspectos más importantes del capital humano y obedecen a la capacidad con la que se cuenta para realizar una determinada (as) cosa (s) con facilidad y de calidad (Ramírez, 2007). Las habilidades se pueden adquirir en la medida en que con el tiempo se van practicando, es por esto, que pueden ser de aprendizaje individual o colectivo y se cumple en proyectos de fortalecimiento personal, como es el caso de la facilidad de relacionamiento, trabajo en equipo, liderazgo, innovación y creatividad, así mismo, en propuestas de aprendizaje profesional donde el individuo debe ir adaptándose a lo que ocurre en los procesos de transformación tecnológica, competitividad y globalización (Navas y Ortiz, 2002).

La satisfacción del individuo en cualquiera de los escenarios organizacionales donde se encuentre, será siempre la mejor estrategia para mostrar a los diferentes grupos de interés internos y externos que un producto o servicio cuenta con los mejores procesos de calidad (Olmedo-Cifuentes, Martínez-Leon, & Davies,

2014). Por ejemplo, los empleados y en este caso los docentes como gestores de las organizaciones académicas, son los encargados de transmitir al relacionamiento cercano y proyectarlo por medio -de propuestas innovadoras y competitivas que le permitan a las universidades desarrollo individual y la construcción de alternativas en generación de aliados que se convierten en capital relacional (Onge, 1996), (Griffin, Patterson, & West, 2001) (Gómez, Moreno, Becerra, Londoño, 2016), lo que genera a su vez que con los proyectos y alternativas de crecimiento que se presenten en las organizaciones académicas, se acrecienten los rendimientos financieros y en esa misma medida, se genere ventaja competitiva y creación de valor para la organización (Rao, Agarwal, & Dahloff, 2004)

2.2. Sistema de Inferencia difuso

La lógica difusa está basada en niveles de pertenencia a conjuntos donde un miembro puede pertenecer a varios conjuntos difusos a la vez, a diferencia de los conjuntos clásicos basado en lógica binaria. A partir de la lógica difusa se han desarrollado los sistemas de inferencia difusos, los cuales están compuestos de un conjunto de reglas y funciones de membresía. Las reglas son construidas a partir de conocimiento suministrado por expertos expresado por medio de antecedentes y consecuentes y conectados por medio de los operadores lógicos *and* (mínimo) y *or* (máximo). El tipo de funciones de membresía depende de la dinámica de las variables de entrada. El diseño de los sistemas de inferencia difusa es llevado a cabo en tres etapas así: i) Fusificación de la entradas que consiste en la conversión de los valores numéricos a variables lingüísticas; ii) Diseño de reglas y iii) defusificación de la salida que consiste en la conversión de variables lingüísticas a valores numéricos (Martínez-Gil, 2016).

3. Metodología

En la Figura 1 se presenta el procedimiento propuesto para la construcción del sistema de inferencia difuso de medición del capital humano docente en IES en Colombia. Primero, un análisis de múltiples dimensiones y métricas de medición del capital humano propuestas en la literatura es llevado a cabo. Posteriormente, y con la ayuda de expertos directivos y docentes, se establecen las dimensiones para la medición del capital humano (docentes) con sus respectivas métricas. Luego, se construye un sistema de inferencia difuso tipo Mamdani (ver Figura 2), para el cual se establecen 4 variables de entrada correspondientes a las siguientes dimensiones de calidad: Nivel de Formación, Habilidades, Experiencia Laboral y Satisfacción Laboral. Como variable de salida se tiene el capital humano. Para cada variable de entrada se establecieron 3 conjuntos difusos de tipo rectangular y con el mismo rango (0-100) por simplicidad como se observa en la Figura 3. De igual forma, se estableció para la variable de salida un rango de valoración de 0 a 100 y 4 conjuntos difusos rectangulares de acuerdo a las recomendaciones de los expertos como se ilustra en la figura 4.

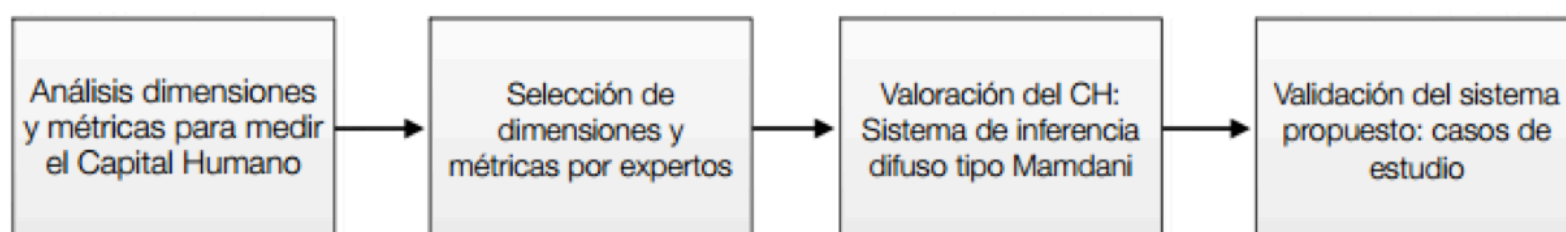


Figura 1. Procedimiento propuesto para la construcción del sistema de inferencia difuso de medición del capital humano

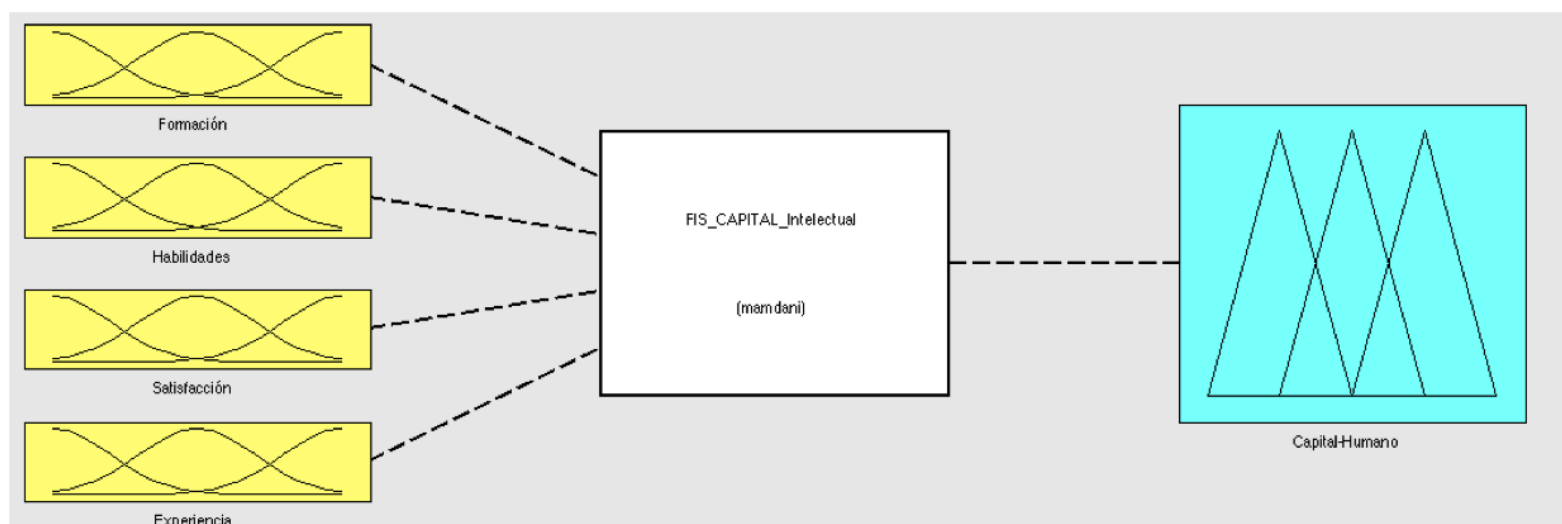


Figura 2. Diagrama de bloques sistema de inferencia difuso para medición del capital humano

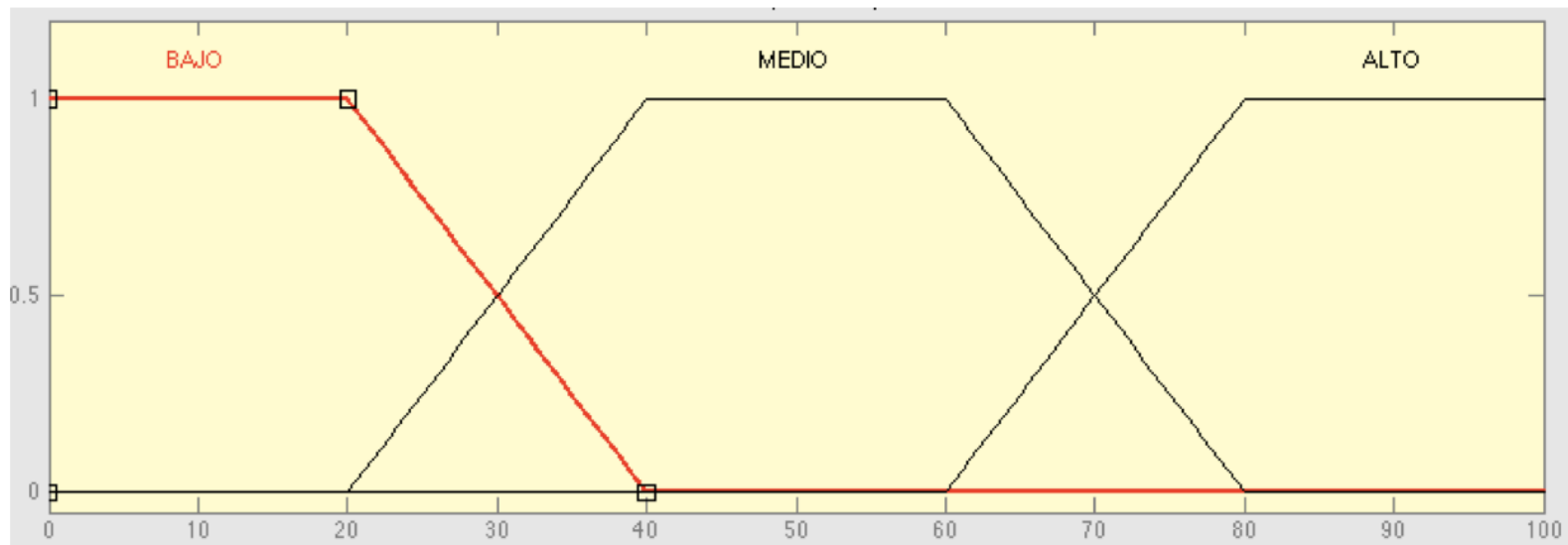


Figura 3. Conjuntos difusos variable de entrada

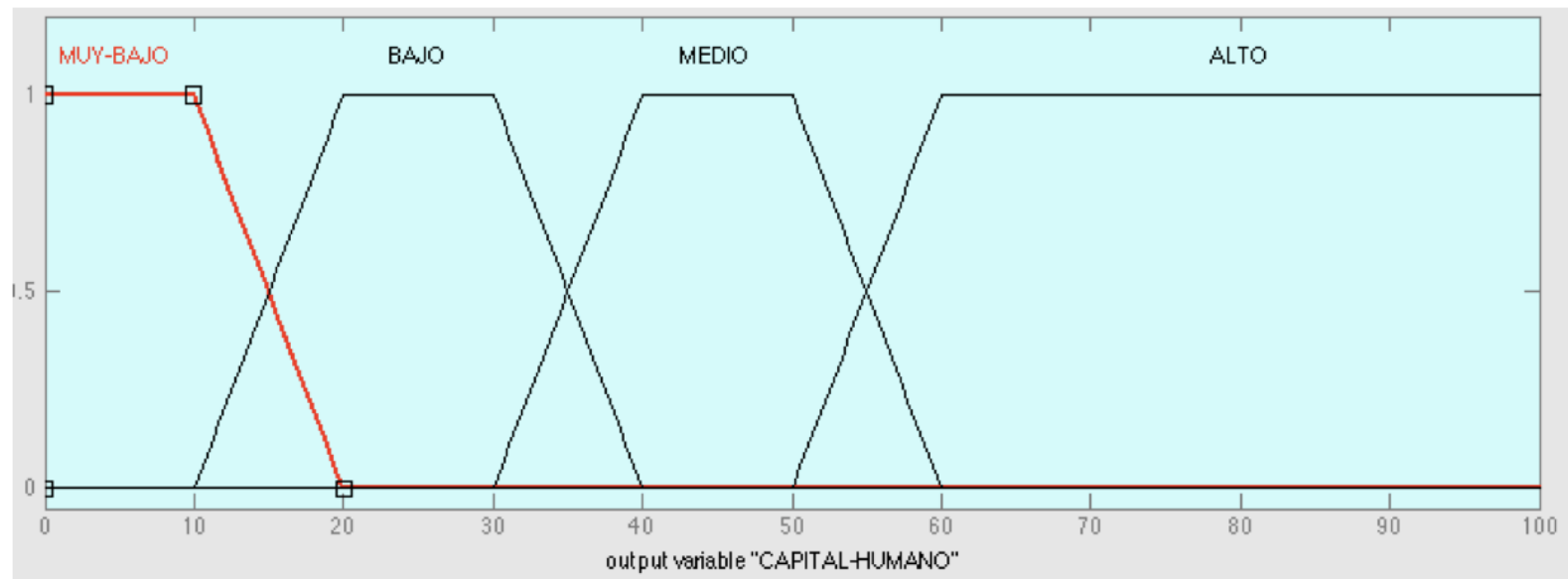


Figura 4. Variable de salida - Capital Humano

En la Tabla 2 se presenta el conjunto de reglas difusas establecidas utilizando como antecedentes las 4 variables de entrada y el conector *and* aplicado en todos los casos y como consecuente la variable de salida capital humano. Las variables de entrada tienen 3 atributos así: Bajo(B), Medio(M) y Alto (A); la variable de salida tiene 4 atributos: Muy Bajo(MB), Bajo, Medio y Alto.

Tabla2. Reglas de inferencia difusa - valoración capital humano

Form	Hab	Satisf	Exp	C-H	Form	Hab	Satisf	Exp	C-H
B	B	B	B	MB	M	M	M	A	M
B	B	B	M	MB	M	M	A	B	M
B	B	B	A	MB	M	M	A	M	M
B	B	M	B	MB	M	M	A	A	M
B	B	M	M	B	M	A	B	B	B
B	B	M	A	M	M	A	B	M	M
B	B	A	B	MB	M	A	B	A	M
B	B	A	M	B	M	A	M	B	M
B	B	A	A	M	M	A	M	M	M

M	M	B	M	B	A	A	A	B	A
M	M	B	A	M	A	A	A	M	A
M	M	M	B	B	A	A	A	A	A
M	M	M	M	M					

La definición de las dimensiones para el análisis del Capital Humano utilizadas en el presente trabajo, se realizó con base en la revisión de la literatura existente sobre los modelos de capital intelectual, especialmente en aquellos que desarrollaron avances sobre medición del capital humano, en los que se encontraron diversas dimensiones, relacionadas en la tabla 3.

Tabla 3. Dimensiones del capital humano

Autores	Dimensiones
Kaplan y Norton (1996)	Capacidades, habilidades, motivación
Saint-Onge (1996)	Capacidades, valores
Brooking (1996)	Pericia, creatividad, habilidad directiva, liderazgo, capacidad de gestión
Sveiby (1997)	Educación, habilidades, experiencia, valores
Edvinson y Malone (1997)	Conocimientos, habilidades, creatividad
Bontis (1998)	Conocimientos, habilidades
Euroforum Escorial (1998)	Competencias, satisfacción, liderazgo, estabilidad.
McElroy (2002)	Conocimiento, habilidades, experiencia
Cic (2003)	Valores, conocimientos, capacidades
Guthrie et al. (2004)	Educación, entrenamiento, conocimiento, espíritu emprendedor.
Bueno et al. (2003)	Valores, conocimientos, capacidades.
Chen et al. (2004)	Competencias, actitudes, creatividad.
Joia (2004)	Conocimientos, habilidades.
Ordóñez de Pablos (2004)	Educación, habilidades, actitudes, agilidad mental.

Fuente: Naranjo, Rubio, Salazar, Robledo y Duque (2013)

Cada una de las dimensiones de entrada del sistema se estableció a partir de múltiples métricas, las cuales son discutidas a continuación:

Para la dimensión **de formación** se consideran las variables asociadas a nivel de estudios, tales como,

doctorado, maestría profesionalizante, maestría en ciencias, especialización, pregrado, formación tecnológica, formación en pedagogía, otras certificaciones no formales como cursos, diplomados, entre otros.

La utilización de estas variables en este trabajo obedece a que, a través de ellas, es posible identificar el nivel de formación de los empleados para cumplir el trabajo con eficacia, sus habilidades y competencias adquiridas a través de la educación, así como su disposición al aprendizaje y capacitación permanente, y las áreas de interés en materia de formación, aspectos que son básicos para determinar el nivel intelectual de los empleados y que son fundamentales al analizar el capital humano en una institución de educación superior.

Para la dimensión **de experiencia laboral** se consideran las variables inherentes al tipo de contratación laboral, la edad del empleado, su pertenencia a grupos de investigación y la calificación de los mismos por parte de las entidades encargadas de categorizarlos, así como su categoría como investigador, si la tiene. Adicionalmente, se consideran aspectos como los proyectos de investigación terminados, el número de trabajos de grado en pregrado, maestría y/o doctorado dirigidos, el tiempo de experiencia como docente y como profesional. La consideración de estas variables en el trabajo se debe a que, a partir de esta información, es posible determinar el conocimiento de las funciones por parte de los empleados, su experiencia previa y su pertinencia con la requerida en el cargo, las habilidades para el desarrollo de nuevas ideas y conocimiento, la creatividad y la facilidad para resolver problemas inherentes a sus funciones y consecuentes a sus acciones.

Los aspectos a tener en cuenta dentro de la dimensión **habilidades** para este estudio fueron: número de libros o capítulos de libros publicados, número de ponencias nacionales, número de ponencias internacionales, número de pasantías académicas o empresariales, número de publicaciones indexadas y clasificación de las mismas, número de publicaciones no indexadas, número de patentes, número de patentes en evaluación, número de productos de innovación, número de proyectos de investigación en curso, redes académicas y/o empresariales, número de idiomas en los que tiene competencias, habilidades en manejo de redes sociales, número de herramientas digitales que maneja; manejo de imágenes, vídeo y audio para el desarrollo de material didáctico; manejo de base de datos científicas, número de herramientas de test, encuestas o exámenes que maneja, conocimiento de normatividad sobre propiedad intelectual y capacidad de autoaprendizaje.

Las variables asociadas a las habilidades están intrínsecamente ligadas al desarrollo de una capacidad de los seres humanos a partir de sus conocimientos y experiencia, es por ello, que de manera independiente pueden no generar los resultados que una organización espera, por lo tanto, el capital humano requiere de conocimientos y habilidad para aplicarlo, cada persona en sus interacciones con ella misma y con los otros posibilita un enriquecimiento permanente como resultado de las interacciones de las diferentes variables aquí establecidas, por ello, es indispensable su disseminación y medición en la búsqueda de claridades aplicadas a la teoría, como podría derivarse de esta cita: "El capital humano surge del desarrollo de competencias en los empleados, de su actitud y de la agilidad intelectual. La competencia genera valor por medio del conocimiento, de la habilidad, del talento y de los conocimientos técnicos de los empleados, los componentes principales de la competencia son el conocimiento y la habilidad; el conocimiento generalmente está relacionado con el nivel de educación de la persona; el conocimiento es algo que se debe enseñar, no necesariamente en los sistemas educativos tradicionales, pero en todo caso es algo que hay que enseñarse. La habilidad está relacionada con el conocimiento, pero se refiere a la posibilidad que tiene la persona de aplicar el conocimiento a la solución de problemas". (Ramírez, 2007, p.144)

Para la dimensión de **satisfacción laboral** se consideran las variables: conocimiento de políticas de remuneración por producción académica en la institución, nivel de la remuneración económica, realización de actividades académicas repetitivas, nivel de obtención de beneficios por la labor académica superiores a los esperados, grado de autonomía en su labor académica, promoción del liderazgo y la autonomía, incentivos institucionales y práctica de deporte. Las variables se clasificaron de esa manera con el objetivo de identificar el nivel de compromiso que perciben desde la organización, en esa misma medida servirán para identificar si se desarrollan estrategias y acciones para mantener el cliente interno satisfecho, fidelizado y leal; con el fin de brindar un buen servicio a los estudiantes y que sean en el aula portadores de una adecuada gestión relacional que motive a los estudiantes a continuar explorando en temáticas no solo del saber específico, también del fortalecimiento de las capacidades humanas.

En la medida en que el cliente interno esté motivado y valorado en la organización generará proyectos con los diferentes grupos de interés internos y externos, brindando visibilidad y posicionamiento a la marca institucional, que finalmente hará de la organización un sitio de reconocimiento y buena reputación. (Gómez, Moreno, Becerra, Londoño, 2016), (Oliver 1999), (Luo, Griffith, Liu, Shi 2004).

La definición de las métricas utilizadas en el sistema experto difuso que se propone, se realizó con base en los anteriores aspectos y características del capital humano. Para cada métrica se estableció un valor de ponderación \square basado en un profundo análisis por parte de los expertos teniendo en cuenta la relevancia de cada una de las métricas sobre la dimensión. El resultado obtenido para cada dimensión es calculado por

medio de las ecuaciones (1), (2), (3) y (4).

$$\mathbf{Formación} = w_1D + w_2MSc + w_3Mp + w_4Esp + w_5Pre + w_6Tecn + w_7NCNF + w_8AuT + w_9FP \quad (1)$$

donde:

$$w_1:9, w_2:8, w_3:6, w_4:5, w_5:4, w_6:2, w_7:0.2, w_8:8, w_9:10.$$

$$\mathbf{Experiencia} = w_{10}Cinv + w_{11}AED + w_{12}AEP + w_{13}nProyIC + w_{14}TC + w_{15}Cat + w_{16}Age + w_{17}CGInv + w_{18}Cinv + w_{19}nProyIC + w_{20}nTPD + w_{21}nTMD + w_{22}nTDD + w_{23}AED + w_{24}AEP \quad (2)$$

donde:

$$w_{10}:8$$

$$* \text{\#años}, w_{11}:9, w_{12}:9, w_{13}:8, w_{14}:6, w_{15}:5, w_{16}:7, w_{17}:2, w_{18}:8, w_{19}:8, w_{20}:4, w_{21}:6, w_{22}:8, w_{23}:9, w_{24}:9.$$

$$\mathbf{Habilidades} = w_{25}nCL + w_{26}nPN + w_{27}nPI + w_{28}nPAE + w_{29}nPQ1 + w_{30}nPQ2 + w_{31}nPQ3 + w_{32}nPQ4 + w_{33}NpD + w_{34}nPnl + w_{35}nPat + w_{36}nPatE + w_{37}nPIinnov + w_{38}nProyIT + w_{39}RAE + w_{40}NIdiom + w_{41}SMRS + w_{42}MIVA + w_{43}MBC + w_{44}nMHET + w_{45}CPI + w_{46}CAUTAP \quad (3)$$

donde:

$$w_{25}:6, w_{26}:2, w_{27}:3, w_{28}:5, w_{29}:9, w_{30}:8, w_{31}:5, w_{32}:4, w_{33}:2, w_{34}:0.5, w_{35}:9, w_{36}:4, w_{37}:8, w_{38}:2, w_{39}:4, w_{40}:3, w_{41}:0.5, w_{42}:6, w_{43}:5, w_{44}:3, w_{45}:2, w_{46}:5$$

$$\mathbf{Satisfacción} = w_{47}CRPA + w_{48}LREAAC + w_{49}\frac{1}{AREP} + w_{50}BLASE + w_{51}GALA + w_{52}PLyA + w_{53}Incl + w_{54}PD \quad (4)$$

donde:

$$w_{47}:2, w_{48}:8, w_{49}:5, w_{50}:4, w_{51}:6, w_{52}:7, w_{53}:8, w_{54}:1$$

4. Resultados

La Figura 5, muestra los resultados obtenidos del sistema de inferencia difuso propuesto para la evaluación del capital humano. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo se presentan los siguientes diagramas de superficie que se discuten a continuación: i) Capital Humano en función de la satisfacción y las habilidades, ii) Capital Humano en función de la experiencia y las habilidades, iii) Capital Humano en función de la experiencia y la formación, iv) Capital Humano en función de la satisfacción y la formación, v) Capital Humano en función de las habilidades y la formación, y finalmente vi) Capital Humano en función de la experiencia y la satisfacción. De acuerdo con los resultados presentados en la Figura 5, los diagramas de superficie muestran el comportamiento entre los 4 criterios seleccionados (habilidades, formación, satisfacción y experiencia) respecto a la valoración del capital intelectual. Se puede observar que en la medida que crece cualquiera de los indicadores se genera un crecimiento nulo para los valores muy cercanos a cero, luego ocurre un crecimiento lineal aproximadamente hasta 50. Finalmente, se observa que después de superar el valor de 80 de cada criterio, su aporte en la salida no supera 50. Al analizar el crecimiento del valor del capital humano cuando aportan dos criterios se observa un crecimiento lineal hasta alcanzar un umbral alcanzando en la salida un valor constante. El sistema de inferencia difuso fue alimentado con un conjunto de valores para los criterios seleccionados a partir del resultado obtenido de aplicar las ecuaciones (1), (2), (3) y (4) con valores para las métricas dadas por los expertos, obteniendo una valoración del capital humano aproximado al esperado por los expertos.

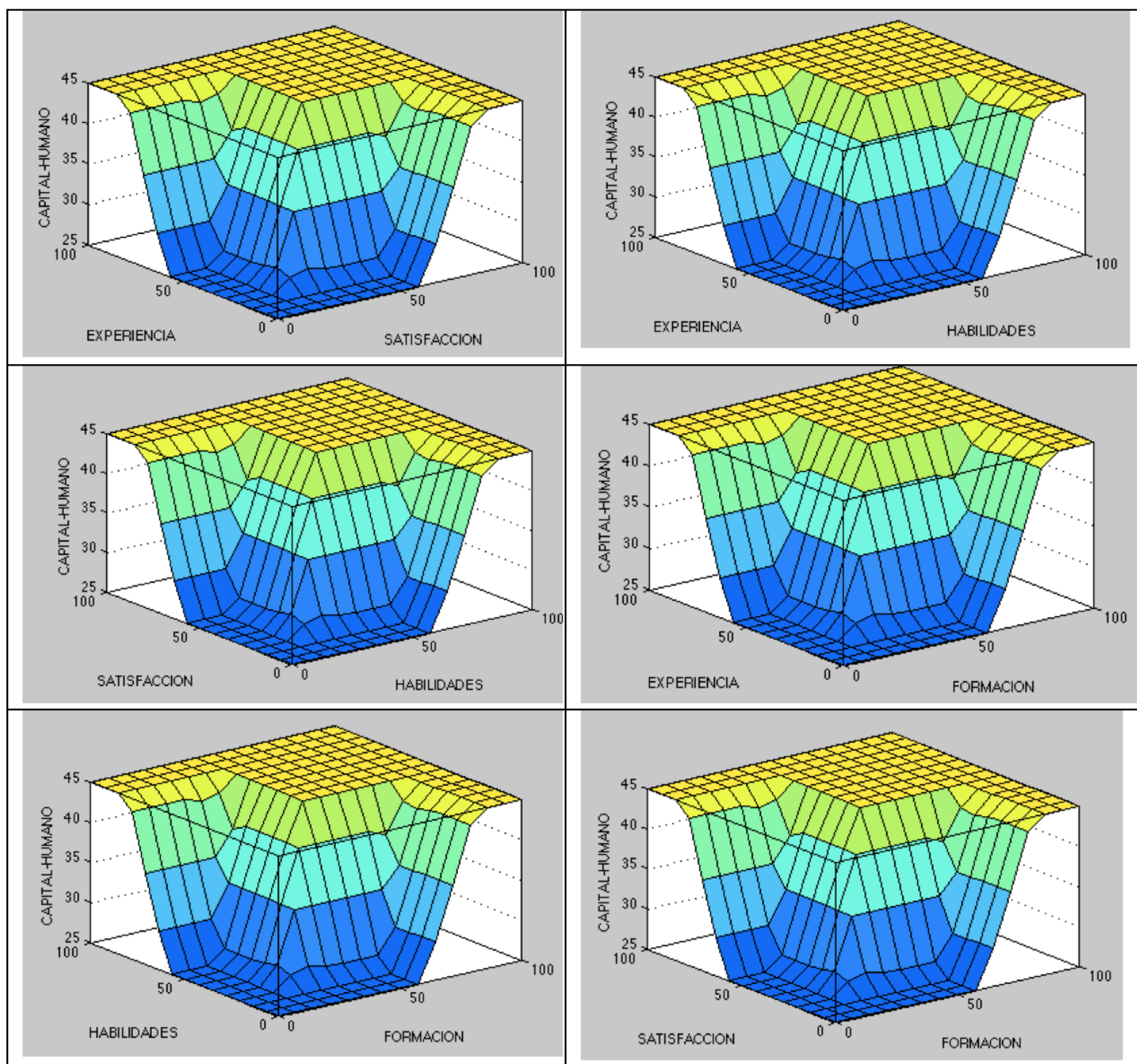


Figura 5. Diagramas de superficie

5. Conclusiones

Este estudio propone un sistema para la valoración del capital humano (docentes) de las IES en Colombia, para el cual se definió un conjunto de métricas ponderadas e integradas en 4 criterios y modelado en un sistema de inferencia difuso tipo Mamdani. El sistema demostró un adecuado desempeño de acuerdo con la valoración realizada por los expertos a partir de las diferentes métricas dadas por éstos. A pesar de esto, se considera que se debe realizar una valoración y sintonización del sistema en términos de los conjuntos difusos y las reglas con el fin de minimizar el error. Como trabajo futuro se propone modelar el sistema a partir de un conjunto de datos reales y suficientes para entrenar una máquina de aprendizaje y compararlo mediante métricas de desempeño con el sistema de inferencia difuso y un sistema híbrido basado en el FIS que permita una sintonización adecuada del sistema.

Referencias

- Aisenberg. (2015). Journal of Intellectual Capital. Journal of Intellectual Capital, 16(3), 1–26.
<http://doi.org/10.1108/14691930210412827>
- Bradley, K. (1997). Intellectual capital and the new wealth of nations. En: Business Strategy Review, Vol. 8, No. 1, pp. 53-62.
- Brooking, A. (1997). El Capital Intelectual. Barcelona: Paidós.
- Bueno, E., Paz Salmador, M., & Merino, C. (2008). Génesis , concepto y desarrollo del capital intelectual en la economía del conocimiento: Una reflexión sobre el Modelo Intellectus y sus aplicaciones. *Una Reflexión Sobre El Modelo Intellectus Y Sus Aplicaciones Estudios de Economía Aplicada*, 26(2), 43–63.
<http://doi.org/http://www.revista-eea.net>
- Bueno, E., Del Real, H., Fernández, P., Longo, M., Merino, C., Murcia, C., & Salmador, M. P. (2011). Propuesta de nuevo Modelo Intellectus de Medición, gestión e información del capital intelectual. Documentos Intellectus.

Cegarra Navarro, J. G., & Rodrigo Moya, B. (2003). Influencia de los componentes del capital humano en el proceso de aprendizaje relacional. *Investigaciones Europeas de Dirección Y Economía de La Empresa*, 9(3), 159–182.

Dumay, J. C. (2012). Grand theories as barriers to using IC concepts. *Journal of Intellectual Capital*, 13(1), 4–15. <http://doi.org/10.1108/14691931211196187>

Edvinsson, L. (1996). Developing a Model for Managing Intellectual Capital. ~ Pergamon *European Management Journal*, 4(496), 356–364. [http://doi.org/10.1016/0263-2373\(96\)00022-9](http://doi.org/10.1016/0263-2373(96)00022-9)

Edvinsson, L., & Malone, M. S. (1998). El capital intelectual: cómo identificar y calcular el valor inexplorado de los recursos intangibles de su empresa. Grupo Editorial Norma.

Edvinsson, L., & Kivikas, M. (2007). Intellectual capital (IC) or Wissensbilanz process: Some German experiences. *Journal of Intellectual Capital*, 8(3), 376–385. <http://doi.org/10.1108/14691930710774821>

Edvinsson, L. y Malone, M. S. (1997). El Capital Intelectual: Cómo identificar y calcular el valor de los recursos intangibles de su empresa. Madrid: Gestión.

Euroforum Escorial. (1998). Medición del Capital Intelectual. Modelo Intelect. Madrid: Ed. I.U.

Gómez, L., Moreno, G., Becerra, M. y Londoño, E. (2016). El docente como gestor del capital relacional: una revisión. *Revista Espacios*. vol.37 n°33, p.17

Griffin, M. A., Patterson, M. G., & West, M. A. (2001). Job satisfaction and teamwork: The role of supervisor support. *Journal of Organizational Behavior*, 22(5), 537–550. <http://doi.org/10.1002/job.101>

Kaplan, R y Norton, D. (2004) Medir la disposición estratégica de los activos intangibles. Artículo basado en su libro *Strategy Maps: Converting Intangible Assets into Tangible Outcomes* (Harvard Business School Press)

Luo, X, Griffith, D.A, Liu, S.S y Shi, Y (2004) The Effects of Customer Relationships and Social Capital on Firm Performance: A Chinese Business Illustration. *Journal of International Marketing*: Winter 2004, Vol. 12, No. 4, pp. 25-45.

Martín de Castro, G., Alama Salazar, E.M., López Sáez, P. & Navas López, J.E. (2009). El capital relacional como fuente de innovación tecnológica. *Innovar*, 19(35). 119-132.

Martinez-Gil, J. (2016). CoTO: A novel approach for fuzzy aggregation of semantic similarity measures. *Cognitive Systems Research*, 40, 8–17. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2016.01.001>

Naranjo-Herrera, C. G., Rubio-Jaramillo, J., Salazar-Mesa, L. M., Robledo-Martínez, A. V. y Duque-Trujillo, J. (2013). Indicadores de capital intelectual. *Memorias*, 11(19), 39-51.

Navas López, J. E., & Ortiz de Urbina Criado, M. (2002). El capital intelectual en la empresa: análisis de criterios y clasificación multidimensional. *Economía Industrial*, (346), 163–172. Retrieved from <http://www.mityc.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/346/14>

Oliver. R. (1999). "Whence consumer Loyalty". *Journal of Marketing*, Vol.63, n° especial, pp.33-45.

Onge. (1996). Tacit Knowledge the key to the strategic alignment of intellectual capital. *Journal of Planning History*, 1(3), 266–269. <http://doi.org/10.1177/153851320200100311>

Olmedo-Cifuentes, I., Martinez-Leon, I. M., & Davies, G. (2014). Managing internal stakeholders' views of corporate reputation. *Service Business*, 8(1), 83–111. <http://doi.org/10.1007/s11628-013-0188-8>

Ramirez Ospina, D. (2007). Capital intelectual Algunas reflexiones sobre su importancia en las organizaciones. *Revista pensamiento & gestión*, 23. Universidad del Norte, 131-152

Rao, V. R., Agarwal, M. K., & Dahloff, D. (2004). How Is Manifest Branding Strategy Related to the Intangible Value of a Corporation? *Journal of Marketing*, 68(4), 126–141. <http://doi.org/10.1509/jmkg.68.4.126.42735>

Roos. (2001). *Strategy & Leadership*. <http://doi.org/10.1108/eb053591>

Roos, G., & Roos, J. (1997). Measuring your company's intellectual performance. *Long Range Planning*, 30(3), 413–426. [http://doi.org/10.1016/S0024-6301\(97\)90260-0](http://doi.org/10.1016/S0024-6301(97)90260-0)

Saa Pérez, P. y Ortega Lapiedra, R. La formación. En Bonache, J. y Cabrera, A. *Dirección estratégica de personas*. Buenos Aires: Prentice-Hall, 2002.

Sumedrea, S. (2013). Intellectual Capital and Firm Performance: A Dynamic Relationship in Crisis Time. *Procedia Economics and Finance*, 6(13), 137–144. [http://doi.org/10.1016/S2212-5671\(13\)00125-1](http://doi.org/10.1016/S2212-5671(13)00125-1)

Villafañe, J. (2005). La gestión de los intangibles empresariales. *Comunicação e Sociedade*, 8, 101-113.

Xiao, J. y Lo, L.N.K. (2003). Human capital development in Shanghai: lessons and prospects. *International Journal of Educational Development*. V.23. 411–427

1. Universidad de Medellín, Medellín, Colombia. Email: gamorlop@gmail.com
 2. Grupo de investigación CEO, Universidad San Buenaventura, Medellín, Colombia. Email: elondono77@gmail.com
 3. Grupo de Investigación GIRE, Institución Universitaria Salazar y Herrera, Medellín, Colombia. Email: ledy.gomez@salazaryherrera.edu.co
 4. Grupo de Investigación GEA, Institución Universitaria Salazar y Herrera, Medellín, Colombia. Email: migb2b@gmail.com
-

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 38 (Nº 34) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados