

ISSN: 2322-7672

# **II Encuentro de Investigación Formativa Ingeniería Industrial Medellín**

Memorias

---

Diana Rocío Roldán Medina  
Beatriz Elena Ángel Álvarez  
Compiladoras



© Diana Rocío Roldán Medina (Compiladora)  
© Beatriz Elena Ángel Álvarez (Compiladora)  
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana

**II Encuentro de Investigación Formativa - Memorias**

ISSN: 2322-7672

Primera edición, 2012

Escuela de Ingenierías

Facultad de Ingeniería Industrial

**Gran Canciller UPB y Arzobispo de Medellín:** Mons. Ricardo Tobón Restrepo

**Rector General:** Mons. Luis Fernando Rodríguez Velásquez

**Vicerrector Académico:** Pbro. Jorge Iván Ramírez Aguirre

**Editor:** Juan José García Posada

**Coordinación de producción:** Ana Milena Gómez C.

**Diagramación:** Juan Esteban Casas Tejada

**Corrector de estilo:** César Alejandro Buriticá

**Dirección editorial:**

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2012

Email: [editorial@upb.edu.co](mailto:editorial@upb.edu.co)

[www.upb.edu.co](http://www.upb.edu.co)

Telefax: (57) (4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

**Radicado:** 1037-16-08-12

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

# Medición de Capital intelectual usando análisis de componentes principales: Aplicación Esc. Ingenierías UPB

---

## **Sara Tuttle Ospina**

Universidad Pontificia Bolivariana  
saratuttle12@hotmail.com

## **Fredy Gaviria Berrío**

Universidad Pontificia Bolivariana  
jhonf43@gmail.com

## **Indy Bibiana bedoya**

Universidad Pontificia Bolivariana  
bedoyita\_1105@hotmail.com

## **Marisol Valencia Cárdenas**

Universidad Pontificia Bolivariana  
marisol.valencia@upb.edu.co

## **Jairo Estrada Muñoz**

Universidad Pontificia Bolivariana  
jairo.estrada@upb.edu.co,

## Abstract

---

This paper presents the capital intellectual components measures, to the Engineering School of Pontificia Bolivariana University, in activities related to teaching, investigation and extension, using statistical techniques conducting to estimate indicators to valorize such intellectual capital.

**Keywords:** Intellectual capital, principal components, generalized linear models.

## Resumen

---

Este artículo presenta la medición de los componentes del capital intelectual: capital humano, el capital estructural, y el capital relacional, para la escuela de ingenierías de la Universidad Pontificia Bolivariana en las actividades de docencia, investigación y extensión, usando técnicas estadísticas que conducen a estimar indicadores para valorar el Capital intelectual.

**Palabras clave:** Capital intelectual, Componentes principales, Modelos lineales generalizados.

## Introducción

---

Hace algunos años se viene desarrollando la valoración del capital intelectual en las organizaciones, pero las metodologías han evolucionado. Esta valoración ha llevado a una reevaluación de los modelos de gestión que se utilizan, cambiando las formas de generar innovación y renovación por medio de métodos que van desde los que registran los activos de la empresa, los que facilitan la gestión de los recursos (humano, infraestructura, maquinaria, financieros, etc.), hasta los usados para controlar indicadores de gestión como Balance Score Card. El Capital intelectual ha tomado una gran importancia a tal punto que se ha llegado a pensar que medidas no financieras, intangibles, como lo es dicho capital, proporcionan mayor valor a las empresas. (Steward, T.A. (1997), "La nueva riqueza de las organizaciones: EL capital intelectual", Granica, Buenos Aires).

Respecto a las instituciones de educación superior (universidades), existe una constante competencia vista desde diferentes aspectos: docencia, tecnología, investigación, infraestructura, entre otros, lo cual hace que la insistencia en incrementar la calidad de la educación sea esencial; por ello, se han implementado diversos modelos con un objetivo: medir la calidad y establecer el estado en el que se encuentra la institución, lo que constituye una meta para este trabajo. Un propósito propuesto en este trabajo es realizar la medición de este capital por medio de indicadores con los cuales se pueda establecer un diagnóstico actual de la Escuela de Ingenierías de la UPB con respecto a estos activos, y también, medir competitividad para generar propuestas que ayuden a mantener y elevar el capital.

En este trabajo se dará a conocer la medición preliminar de los componentes con una metodología que consiste en la estimación de scores usando modelos lineales generalizados, posteriormente se usa la técnica de análisis de componentes principales para la estimación de indicadores y para el diagnóstico final, el análisis de varianza, usando información de los docentes de la Escuela de Ingenierías de la Universidad Pontificia Bolivariana en las actividades de docencia, investigación y extensión o transferencia.

## Capital intelectual

El concepto de capital intelectual viene desde el año 1969, cuando el economista John Kenneth Galbraith sugiere que el capital intelectual representa más que mero conocimiento o simplemente intelecto, que podría considerarse como una forma de creación de valor y como un activo en el sentido clásico del término. Posteriormente muchos tratadistas se han referido y han conceptualizado el capital intelectual desde diferentes enfoques: potencial intelectual, tecnología de punta, formación de personal, capacidad para dar respuesta eficiente a las necesidades de los clientes, competencias de las personas y de la empresa y otras más. Dentro de ese espectro conceptual el capital intelectual ha sido definido de diferentes maneras:

Es la suma y la sinergia de todos los conocimientos que reúne una compañía, toda la experiencia acumulada en sus integrantes, todo lo que ha conseguido en términos de relaciones, procesos, descubrimientos, innovaciones, presencia en el mercado e influencia en la comunidad. (Bueno, 1988)

Activos intangibles que no están capturados completamente en el balance e incluye tanto lo que está en la mente de los individuos como lo que dejan en la empresa cuando se van. (Roos & Roos, 1997)

Combinación de activos inmateriales que permiten funcionar a la empresa. (Brooking, 1997).

El capital intelectual es conocimiento, pero no cualquier tipo de conocimiento, tiene que ser útil para la empresa. ( Stewart, 1997)

Conjunto de Activos Intangibles de una organización que, pese a no estar reflejados en los estados contables tradicionales, en la actualidad genera valor o tiene potencial de generarlo en el futuro. (Euroforum, 1998)

Posesión de conocimientos, experiencia aplicada, tecnología organizacional, relaciones con clientes y destrezas profesionales, que dan a una empresa una ventaja competitiva en el mercado. (Leif & Malone, 1999).

Conjunto de activos intangibles de una organización, que pese a no estar reflejados en los estados contables tradicionales, en la actualidad genera valor o tiene potencial de generarlo en el futuro. (Roos & et al, 2001)

Un sistema de capital intelectual pasa a formar parte del capital intelectual de la compañía y cuanto mejor lo utilice, más capital se creará. Crear dicho sistema, llega a ser una actividad semi-circular. Los conocimientos y la información incrementan los rendimientos, mejorando la valoración del capital intelectual (Figura 1).

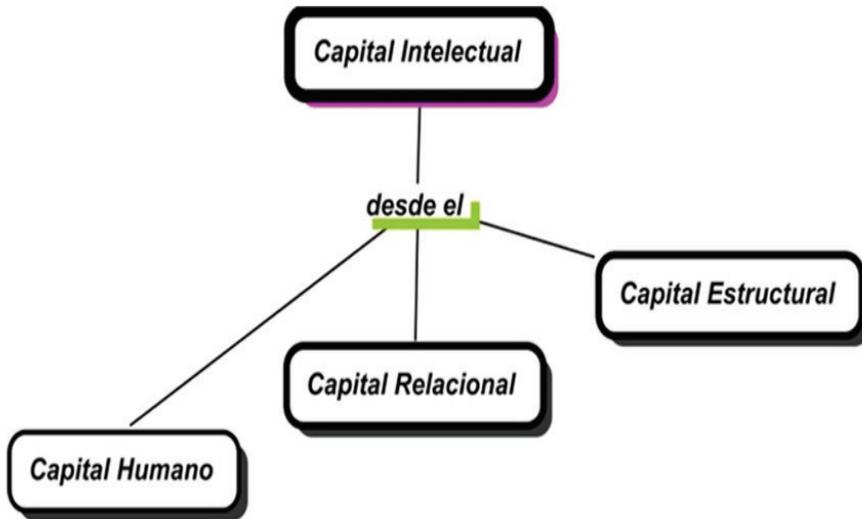
Figura 1: Flujo del Capital intelectual.



Se entiende entonces al capital intelectual como un activo intangible y representado por la integración entre capital humano, capital estructural y capital relacional.

La figura 2 indica la estructura básica del capital intelectual.

Figura 2: Estructura del capital intelectual.



Fuente: (López & Estrada, 2010)

El capital humano hace referencia a las capacidades, la satisfacción y la sostenibilidad de los empleados; el capital estructural, que tiene en cuenta la infraestructura valorada desde la capacidad para generar conocimiento; y el capital relacional, implica las relaciones de la empresa con los clientes, los proveedores, los accionistas, la comunidad, (Ramírez Ospina, 2007) es decir la empresa con el entorno.

## Técnicas estadísticas

Para trabajar con dichas variables intangibles se han utilizado técnicas estadísticas para valorar el capital intelectual, tales como el análisis multivariante y de regresión lineal múltiple (Jardon & Martos, 2008) en donde la fuente de información es una encuesta. Son empleados también los modelos lineales generalizados, como el de regresión logística o regresión Poisson, y la técnica de Análisis de Componentes Principales ACP, del análisis multivariable, como se muestra en (Valencia & Salazar, 2010), pero que constituye la base estadística para desarrollar este trabajo ya que ofrece solidez a los resultados conseguidos.

La regresión logística es una técnica estadística que se utiliza para explicar el comportamiento probabilístico de algún fenómeno, así como el efecto de múltiples variables explicativas sobre una variable respuesta categórica, ya sea dicotómica o con más de dos categorías en escala ordinal.

Un estudio utilizando esta técnica se realizó en la industria mexicana de maquilados industriales, en donde se analizó la información con base en un análisis multivariado para identificar grupos de prácticas empresariales que expresaran diferentes recursos intangibles. Además, se estimó su influencia sobre el desempeño competitivo a través de regresiones logísticas que asociaron el cumplimiento de diversos objetivos innovadores a los recursos intangibles. (Estrada & Dutréint, 2007)

Por su parte el ACP es una técnica estadística de síntesis de la información; cuyo objetivo es explicar la estructura de la matriz de covarianza de un conjunto de variables por medio de unas pocas combinaciones lineales de las variables originales, llamadas componentes principales. Su propósito general es proporcionar una reducción en la dimensión de los datos y facilitar su interpretación.

Con frecuencia, un análisis de componentes principales revela relaciones de las que no se sospechaba previamente, y por tanto permite interpretaciones de los datos que no podrían ser derivadas directamente de las variables originales. (Castaño, 2009)

## Metodología

---

A partir del conocimiento del número de docentes vinculados a la Escuela de Ingenierías, se diseñó una muestra representativa por facultad, con nivel de confianza del 95% y nivel de significancia del 5%, para recopilar el conjunto de variables previamente definido, acordes con la definición del capital intelectual a medir. Dichas variables fueron el insumo para realizar la estimación de los indicadores que den cuenta del capital buscado.

Se diseñó una encuesta con las variables a medir para ser aplicada en primera instancia en una muestra piloto y luego de sus ajustes, se aplicó en el total de la muestra.

Con base en las variables sistematizadas de la encuesta, se utilizaron los siguientes procedimientos estadísticos para su análisis:

Estimación de modelos lineales generalizados para encontrar los diferentes scores por tipo de capital (CE, CR, CH).

Seguido a esto, uso de Análisis de Componentes Principales (ACP), buscando indicadores a partir de asociaciones de covarianza entre los scores, reduciendo su dimensionalidad. Posteriormente, esto permite proponer un indicador de capital intelectual a partir de sus 3 elementos: CE, CR, CH.

Así mismo, el análisis del factor es otra alternativa para proponer dichos indicadores.

Posteriormente, mediante un modelo lineal, como es el análisis de varianza, se exploraron los efectos o impactos estadísticamente significativos que relacionen las facultades y otras variables con dichos indicadores hallados.

## Resultados

En esta sección se muestra, como ejemplo metodológico, el análisis de dos tasas de respuesta usando el modelo Poisson estimado con el software R. Seguido a esto, se presentan los resultados preliminares de la estimación de indicadores de capital intelectual agrupando todos sus componentes, usando el programa Stat graphics.

### Estimación de Scores

El modelo lineal generalizado Poisson fue empleado para estimar scores de diferentes variables respuesta asociadas con las sub-áreas combinadas entre los componentes de Capital intelectual y las áreas docencia, investigación y extensión.

Docencia-Capital Humano

Variable respuesta: Número de libros

Se encontró que el total de libros publicados para su trabajo en docencia está asociado significativamente (al 5%) con la experiencia y el total de cursos dictados en ingenierías de UPB.

Tabla 1. Modelo Poisson para la tasa de libros vs experiencia y cursos.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(>  z )
<b>(Intercept)</b>	-1.135103	0.257457	-4.409	1.04e-05
<b>EXPERIENCIA</b>	0.070812	0.007838	9.035	< 2e-16
<b>CURSOS</b>	0.061716	0.025005	2.468	0.0136

AIC: 243.97

Intervalo de confianza al 95 %: (1.171942, 1.840716)

Media= 1.5060

La variable tasa de libros publicados tiene una media de 1.5 en los docentes, variando en un rango de confianza, entre 1.17 y 1.84 aproximadamente. Este score es el primero de 9 estimados para conformar la medida de Capital.

Docencia-capital estructural

Variable respuesta: cursos creados

La tasa de cursos nuevos creados tiene una asociación significativa al 5% con la participación en reforma curricular y autoevaluación, como proyectos curriculares.

Tabla 2. Modelo Poisson para la tasa de cursos vs reforma y autoevaluación.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(>  z )
<b>(Intercept)</b>	-0.9329	0.2044	-4.564	5.03e-06
<b>REFORMA</b>	0.3294	0.1351	2.438	0.014787
<b>AUTOEV</b>	0.6736	0.1912	3.523	0.000427

AIC: 223.53

Intervalo de confianza al 95 %: (0.6891925,1.0323265)

Media=0.8607595

La tasa de cursos es más baja que la de libros, con una media de 0.86 por docente y un rango de confianza al 95% de (0.69,1.032) aproximadamente.

Investigación -capital relacional  
Variable respuesta: Ponencias

Tabla 3. Modelo Poisson para la tasa de ponencias

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(>  z )
<b>EXPERIENCIA</b>	0.023375	0.004362	5.359	8.38e-08
<b>GRUPOUPB</b>	0.888418	0.067219	13.217	< 2e-16
<b>TESISUPB</b>	0.016195	0.004044	4.004	6.22e-05
<b>CONVENIOS</b>	0.101178	0.013066	7.744	9.65e-15
<b>ARTIUPB</b>	0.048214	0.009202	5.240	1.61e-07
<b>ARTIND</b>	0.065430	0.010135	6.456	1.08e-10

AIC: 651.13

Intervalo de confianza al 95 %: (5.567093,8.348401)

Media=6.957747

La tasa de ponencias es una de las más altas encontradas para este análisis, lo que refleja un aporte importante del campo de investigación de la Escuela.

Este mismo procedimiento de análisis se realizó para las siguientes tasas de respuesta, completando las siguientes: libros, tcursos, tmovilidad, tartind, tartupb, tponencias, tboletines, ttesis, ttransfer. Con éstas se obtuvieron los scores para estimar los indicadores usando la técnica de Análisis de Componentes Principales, como se muestra a continuación.

### Análisis de componentes principales

La tabla 1 muestra la explicación de variabilidad de las componentes principales encontradas en esta fase preliminar.

Tabla 4. Componentes principales para capital intelectual.

<b>Component</b>		<b>Percent of</b>	<b>Cumulative</b>
<i>Number</i>	<i>Eigenvalue</i>	<i>Variance</i>	<i>Percentage</i>
1	63,7985	64,806	64,806
2	17,6663	17,945	82,751
3	6,25622	6,355	89,106
4	5,38755	5,473	94,579
5	2,37369	2,411	96,990
6	1,70816	1,735	98,725
7	0,592029	0,601	99,326
8	0,548285	0,557	99,883
9	0,114754	0,117	100,000

Se pueden encontrar 3 indicadores explicando un 89% de variabilidad de las 9 tasas estimadas.

### Pesos de las componentes en relación con las variables (tasas) estimadas

Según la información de pesos asignada a cada indicadora (componente), se puede dar un nombre a cada una. La primera componente tiene mayor peso asignado a la tasa de ponencias, así como la de tesis dirigidas, por ello ésta podría llamarse indicador de relacional investigativo, mientras el segundo se encamina más a la transferencia, es decir, relacional de extensión, y la tercera a la producción de artículos. La tabla 2 muestra los pesos para cada indicador encontrado.

Tabla 5. Pesos por indicador o componente principal.

	Component	Component	Component
	1	2	3
tlibros	-0,00608295	-0,127182	-0,14974
tcursos	0,00711594	-0,000301019	-0,023217
tmovilidad	0,00129328	-0,0360888	-0,110504
tartind	0,158214	0,146897	0,376293
tartupb	0,311976	0,181155	0,673758
tponencias	0,748477	-0,146634	-0,497827
tboletines	0,142051	0,126666	0,00788259
ttesis	0,498436	-0,36309	0,289073
ttransfer	0,220714	0,87106	-0,194484

### Ecuación de la componente 1

- 0,00608295\*tlibros + 0,00711594\*tcursos + 0,00129328\*tmovilidad + 0,158214\*tartind + 0,311976\*tartupb + 0,748477\*tponencias + 0,142051\*tboletines + 0,498436\*ttesis + 0,220714\*ttransfer

### Discusión preliminar

La descripción anterior permite hablar del comportamiento de un indicador de Capital intelectual en el área de producción orientada hacia la expresión externa, o productos asociados al componente relacional investigativo y de extensión, lo cual refleja la labor del conocimiento, el impacto del conocimiento o saber hacia lo externo.

El procedimiento siguiente en este proyecto es realizar un análisis valorando impactos por facultad, categoría del docente, nivel de formación, entre otros aspectos, para determinar niveles óptimos.

Seguido a esto, a partir de estos indicadores, es posible generar una valoración que según los puntajes de méritos, puede encontrar una visión económica de lo encontrado anteriormente.

## Referencias

1. Brooking, A (1996).- Intellectual Capital. Core Asset for the Third Millenium Enterprise. International Thompson Business School Press. London
2. Brooking, A. (1997). El Capital intelectual. Barcelona: Paidos Empresa.
3. Bueno, E. (1988). El capital intangible como clave estratégica en la competencia actual. (Vol. LIII).
4. Castaño, E. (2009). *Análisis de componentes principales*. Capítulo 5, UNAL.
5. Estrada , S., & Dutréint. (2007). Gestión del conocimiento en pymes y desempeño competitivo. ENGEVISTA.
6. Euroforum. (1998). Medición del Capital intelectual. Modelo Intellect, IUEE. Madrid: San Lorenzo del Escorial.
7. Jardon, C. M., & Martos, M. S. (2008). Capital intelectual y resultados empresariales en la cadena de la madera de Oberá. *En Intangible capital ISSN: 1697-9818, 4(2)*.
8. Kaplan, R. & Norton, D. (2000) Mapas estratégicos. Convirtiendo los activos intangibles en resultados tangibles. Ediciones Gestión. Barcelona. 2004
9. Leif, E., & Malone, M. S. (1999). *El Capital intelectual*. Norma.
10. López, G., & Estrada, J. (2010). 8º Congreso Latinoamericano y 8º Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas. *Capital intelectual, una aproximación a su valoración desde la dinámica de sistemas*.
11. Ramírez Ospina, D. E. (2007). Capital intelectual: algunas reflexiones sobre su importancia en las organizaciones. Pensamiento y Gestión. Barranquilla: Universidad del Norte.
12. Roos, G., & Roos, J. (1997). Measuring your Company´s Intellectual Performance. (3 ed., Vol. 30).
13. Roos, J., & et al. (2001). Capital intelectual: el valor intangible de la empresa. Barcelona: Paidós.
14. Stewart, T. A. (1997). *Intellectual Capital: The New Wealth of Organizations*. New York: Bantam Doubleday Publishing Group.
15. Thomas A. Stewart. (1997). Intellectual Capital: The New Wealth of Organizations. New York: Bantam Doubleday Publishing Group
16. Valencia, M., & Salazar , J. (2010). Evaluación del impacto de acciones de bienestar sobre una comunidad en Colombia usando un modelo para datos correlacionados. Colombia.
17. Viedma Martí J. M., 2002. CICBS: Cities´ Intellectual Capital Benchmarking System. Una metodología y una herramienta para medir y gestionar el capital intelectual de las ciudades.