

# Aplicación de la teoría de decisión multicriterio discreta para ponderar factores en procesos de acreditación de alta calidad

Reporte de Caso - Fecha de recepción: 25 de marzo de 2013 - Fecha de aceptación: 1 de junio de 2013

Daniel Mendoza Casseres

Ingeniero Químico. Magíster en Ingeniería industrial. Universidad del Atlántico. Barranquilla, Colombia.  
danielmendoza@mail.uniatlantico.edu.co

Para citar este artículo / to reference this article:

D. Mendoza, "Aplicación de la teoría de decisión multicriterio discreta para ponderar factores en procesos de acreditación de alta calidad". *INGE CUC*, vol. 9, no. 1, pp. 25-41, Jun, 2013.

## RESUMEN

La acreditación es el reconocimiento de alta calidad de los programas académicos de las Instituciones de Educación Superior. Uno de los primeros pasos para iniciar la acreditación consiste en ponderar los factores. El método que se utilice debe reflejar los niveles de importancia de los factores para juzgar la calidad total de los programas. La complejidad en la ponderación de los factores se origina en las interacciones de juicios entre directivos, profesores, egresados y estudiantes que podrían conllevar a altas inconsistencias en la ponderación. En esta investigación se propone la aplicación de la Teoría de decisión multicriterio discreta para ponderar factores dentro de unos niveles de inconsistencia aceptables. Se presentan resultados en la ponderación de factores para la acreditación de alta calidad en una facultad de ingeniería, utilizando una herramienta cuantitativa.

## Palabras clave

Teoría de decisión multicriterio discreta, proceso analítico jerárquico (AHP), autoevaluación en programas de educación, factores para la acreditación.

## *Application of the Theory of Discrete Multicriteria Decision to Weight Factors in High Quality Accreditation Processes*

### **ABSTRACT**

Accreditation is the recognition of high quality of academic programs at higher education institutions. One of the first steps to start the accreditation is to weigh the factors. The method used should reflect the level of importance of the factors in judging the overall quality of the programs. The complexity in the factors weighting is originates judgments interactions between executives, teachers, alumni and students that may lead to high inconsistencies in the weighting. This research proposes the application of the theory of Discrete Multicriteria Decision to weigh factors within acceptable levels of inconsistency. Results are presented in the weighting factors for high quality accreditation in an engineering faculty using a quantitative tool.

### **Keywords**

Theory of discrete multicriteria decision, analytic hierarchy process (AHP), self-assessment education programmes, factors for accreditation.

## INTRODUCCIÓN

La acreditación es un camino para el reconocimiento por parte del Estado colombiano de la calidad de las Instituciones de Educación Superior (IES) y de sus programas académicos. Es una ocasión para comparar la formación que se imparte con la que reconocen como válida y deseable. La acreditación está basada en un proceso evaluativo y dinámico de una institución que rescata los logros obtenidos, las metas que se hayan señalado, la planeación que se haya prospectado para alcanzarlas, los mecanismos y recursos acordados para ser realizadas [1]. El Proyecto Educativo Institucional (PEI) juega un papel muy importante en los procesos de acreditación porque ayuda a responder a las necesidades de los educandos, de la comunidad local, de la región y del país, permitiendo evaluarse y autoevaluarse [2], [3]. Las universidades inician voluntariamente el proceso de acreditación de sus programas acorde a su PEI, mediante un trabajo conjunto entre facultades, para la apropiación de una cultura institucional de autoevaluación y autorregulación para el logro de los cambios y transformaciones a que haya lugar, según los propósitos institucionales [4]. Uno de los primeros pasos de la acreditación consiste en ponderar los factores establecidos por el Consejo Nacional de Acreditación (CNA), que deben ser sometidos a la asignación de pesos distintos (ponderación), reconociendo su importancia mediante valores relativos en un espacio de participación activa entre directivos, profesores, egresados y representantes de los estudiantes [1].

Lo complejo consiste en tratar de reflejar los niveles de importancia de todos los participantes de acuerdo con sus percepciones para los cambios, ajustes, mejoramiento o transformación de los programas. La práctica común es que cada institución defina la forma del proceso de ponderación que considere pertinente. Este proceso se realiza mediante el análisis crítico de opiniones argumentadas a través de talleres que establezcan la relación entre los diferentes factores que después se cuantifican en una ponderación [5]. La complejidad se origina por las interacciones de juicios entre directivos, profesores, egresados y estudiantes al juzgar los factores de acreditación. Este proceso de comparaciones de factores podría conllevar a altas inconsistencias de una ponderación [6]. Estas inconsistencias se deben a que al juzgar ocho factores por muchos participantes de un programa o facultad podrían realizarse juicios inconsistentes como el siguiente ejemplo (donde se comparan solo tres factores): que el Factor 1 sea más importante que el Factor 7 y que el Factor 7 sea más importante que el Factor 3 y puede surgir que el Factor 3 sea más importante que el Factor 1, lo cual resultaría inconsistente. Así que se indagó sobre una herramienta que permitiera evaluar la consistencia de la información recolectada, analizar juicios, asignar criterios y ponderar factores [6]. De esta forma se identificó la Teoría de decisión multicriterio discreta, que mediante la técnica AHP (Analytic Hierarchy Process) condujo a la ponderación de factores en procesos de acreditación de alta calidad mediante un análisis de consistencia de la información [7]. Para

implementar la técnica AHP se hizo necesario construir un proceso participativo que condujo a consensos evaluables y medibles para ponderar los factores: Misión y Proyecto Institucional (F1), Estudiantes (F2), Profesores (F3), Procesos Académicos (F4), Bienestar Institucional (F5), Organización, Administración y Gestión (F6), Egresados e Impacto sobre el Medio (F7) y Recursos Físicos y Financieros (F8). Para la aplicación de la herramienta AHP se realizaron talleres en los programas de Ingeniería Química, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Agroindustrial, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico, para cuantificar las percepciones de todos actores (profesores tiempo completo, catedráticos, directivos, egresados y representantes de los estudiantes) en la apropiación de una cultura institucional de autoevaluación y autorregulación, de acuerdo con el CNA. El objetivo fue ponderar los ocho factores en un proceso de acreditación hasta alcanzar un nivel de inconsistencia deseado.

La estrategia metodológica de esta investigación permitió la identificación de criterios y procedimientos para la ponderación de los factores, según el CNA, desde una óptica distinta, mediante la aplicación de la Teoría de decisión multicriterio discreta. La apropiación de los conceptos fue útil en la construcción de la hipótesis y la operacionalización de las variables. La aplicación de la Teoría de decisión multicriterio discreta podría tener un importante impacto nacional en los procesos de acreditación de las universidades de Colombia,

pues ofrece un procedimiento ordenado y medible para ponderar factores. En esta investigación se asume la posición de que el uso de técnicas cuantitativas como la Teoría de decisión multicriterio discreta conlleva a ponderar factores en procesos de acreditación porque es un método cuantificable y medible de consistencias y no solo de opiniones.

## MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

Con el propósito de fundamentar el proceso de investigación se hizo una revisión bibliográfica de conceptos y estudios efectuados para la ponderación de factores como también de la aplicación de la Teoría de decisión multicriterio discreta. Posteriormente, se formuló la hipótesis y se operacionalizaron las variables para este estudio.

En Colombia, las universidades que se someten voluntariamente a los procesos de acreditación deben ponderar sus ocho factores según los criterios del CNA.

El CNA ha definido un conjunto de características generales de calidad que proporcionan lineamientos para emitir juicios sobre la calidad de instituciones y programas académicos. La determinación más específica de los pesos relativos de los factores estará, en buena parte, condicionada a la naturaleza de la institución y al programa académico en cuestión [1]. El análisis de estos factores permite apreciar las condiciones de desarrollo de las funciones sustantivas de cada programa académico: docencia, investigación y extensión o

proyección social. La ponderación consiste en asignar pesos a cada uno de los ocho factores con la condición de que la sumatoria total de los pesos sea igual a uno. Es importante considerar que la ponderación hace referencia a establecer la importancia de los factores en un sentido ideal y no en sentido evaluativo.

Una búsqueda minuciosa mostró que las universidades colombianas han optado por utilizar talleres con métodos de opinión para ponderar los factores, sin análisis de la consistencia de las ponderaciones obtenidas. Así que refiriendo algunos de los trabajos realizados se pudo observar que la Universidad del Tolima utilizó opiniones argumentadas a través de talleres que establecían la relación entre los factores [5]; la Universidad Militar Nueva Granada para ponderar factores utilizó talleres con asistencia unánime [17]; la Universidad Pontificia Bolivariana desarrolló la ponderación mediante la aplicación del método Delphi (comunicación grupal) [18]; la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia empleó talleres de ponderación de indicadores, características y factores [19].

Otras universidades colombianas también han realizado trabajos similares. Se identificó que el elemento común consistió en realizar juicios de todos los participantes institucionales, sin ningún tipo de evaluación de consistencia. De aquí se puede apreciar que existen dos maneras de ponderar: la primera es examinar y estudiar en sí mismos los factores por opiniones, sintetizar los resultados y sacar conclusiones de

las observaciones (como se ha realizado) y la segunda es el estudio de los factores en relación con los otros factores por comparaciones y estudiando la consistencia de los juicios u opiniones (la propuesta en esta investigación).

En la literatura se refiere que las comparaciones de elementos de varios tipos de problemas pueden realizarse utilizando la Teoría de decisión multicriterio discreta, mediante la técnica AHP (Analytic Hierarchy Process) [7]. Esta técnica desempeña un papel fundamental en muchos problemas; y no es exagerado afirmar que gobiernos, industrias o negocios envuelvan de un modo u otro la evaluación de un conjunto de alternativas en términos de un conjunto de criterios de decisión que muchos casos son contradictorios entre sí [14]. Es así como esta técnica puede ajustarse a la ponderación de factores en los procesos de acreditación donde se contempla la existencia de “muchas verdades” asociadas a las percepciones de la realidad de los diferentes actores.

La estructura general del AHP fue desarrollada por Thomas Saaty en 1980 y tradicionalmente se clasifica como una técnica multicriterio que utiliza una escala de números que indica cuántas veces un elemento es más importante sobre otro elemento con respecto al criterio de comparación [13]. Esta escala se ilustra más adelante en la construcción de las matrices en el proceso de ponderación. La metodología AHP se caracteriza por una serie de propiedades importantes que favorecen la solución del problema para el que se está utilizando, las cua-

les son: flexibilidad en la estructuración del problema, juicios subjetivos de diferentes expertos, metodología favorable en la toma de decisiones en grupo, enfoque participativo que equilibra la subjetividad de las opiniones personales y cálculos de consistencias en los juicios aportados, que mejoran la calidad de la decisión [20].

De acuerdo con todo lo anterior se asume la posición de que el uso de técnicas cuantitativas, como la Teoría de decisión multicriterio discreta, puede ser útil para ponderar factores en procesos de acreditación porque es un método cuantificable y medible de consistencias y no solo de opiniones.

Fue así como se formuló la siguiente hipótesis: “La comparación pareada de factores en procesos de acreditación de alta calidad utilizando la Teoría de decisión multicriterio discreta mediante AHP conduce a la ponderación de factores, mejorando la consistencia de la información y asignando un peso en orden de importancia”. Mediante esta hipótesis se operacionalizaron las siguientes variables: “La comparación pareada de factores utilizando la Teoría de decisión multicriterio discreta mediante AHP” (variable independiente cuyo indicador está relacionado con la escala numérica en el orden de importancia) y “conduce a la ponderación de factores” (variable dependiente que se subdimensiona en: mejora la consistencia de la información con indicadores de ponderación asignados a cada factor y orden de importancia).

## DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PARA LA PONDERACIÓN DE FACTORES

En la Universidad del Atlántico se asumió, en el año 2008, de manera institucional, una ponderación única de los factores de acreditación definidos por el CNA. Para definir dicha ponderación cada facultad debió, acorde con su naturaleza y fieles a los principios definidos para la autoevaluación institucional, realizar su propia ponderación, la cual fue tomada en cuenta junto con las demás ponderaciones realizadas en las otras facultades. El grupo coordinador de la autoevaluación de la Facultad de Ingeniería procedió a la utilización de métodos que facilitarían el desarrollo de procesos de decisión para ordenar un conjunto de factores en función de su nivel de preferencias [8], empleando talleres como dinámica central de construcción participativa y reflexiva. Se analizaron y definieron los criterios que orientaron el proceso de ponderación de factores; se describieron los factores de acuerdo con sus características y se realizaron los talleres de ponderación de los factores junto con el análisis de los datos de las matrices de comparación, utilizando la herramienta AHP [7], [9].

El método de investigación es descriptivo porque se centra en recolectar comparaciones pareadas (datos) de factores que muestran su importancia, permitiendo la ponderación. Se pretende recoger información de manera conjunta sobre cómo se manifiestan las preferencias (en un sentido ideal) de los factores dentro de cada criterio por los actores participantes de los talleres. El proceso de ponderación se ilustra en la Fig. 1.

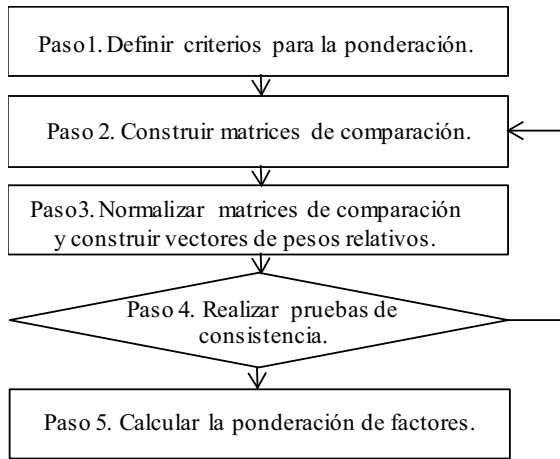


Fig. 1. Pasos para ponderar factores

Fuente: Elaboración propia

El proceso de ponderación se realizó del siguiente modo: Paso 1: Definir criterios para la ponderación. Paso 2: Construir las matrices de comparación. Paso 3: Normalizar las matrices de comparación y construir vectores de pesos relativos. Paso 4: Realizar los análisis mediante la prueba de consistencia (en caso de que el nivel de inconsistencia sea aceptable ir al paso 5, si no volver al paso 2 para reevaluar los juicios). Paso 5: Calcular la ponderación de factores bajo un nivel de inconsistencia aceptable.

## DEFINICIÓN DE CRITERIOS DE PONDERACIÓN

Para definir los criterios hacia la ponderación de los factores fue necesario utilizar los lineamientos institucionales en el PEI de la Universidad del Atlántico [10], principios, valores institucionales, misión institucional, política de calidad, misión y visión de la Facultad de Ingeniería [4]. A través de talleres se socializó entre 7 directivos, 2 representantes de los estudiantes, 2 egresados y 49 profesores los principios, políticas de calidad, misión y visión de la Universidad y de la Facultad

de Ingeniería. Los principios destacaron la autonomía, autorregulación universitaria, investigación, libertad de enseñanza y pensamiento. La política de calidad se entendió como el mejoramiento significativo, articulado, responsable y eficaz en cada una de sus funciones sustantivas: docencia, investigación y proyección social. La misión resaltó que la Universidad se apropia, produce y divulga saberes para aportarlos al desarrollo humano sostenible de la región Caribe y la Nación. La misión de la Facultad reconoce la formación de profesionales competentes, en diversos campos de la ingeniería, con énfasis en el desarrollo humano armónico integral y en el fortalecimiento de su capacidad investigativa. La visión de la Facultad de Ingeniería dice que busca ser reconocida por la calidad académica en un marco de autorregulación y acreditación. En talleres democráticos se eligieron los criterios para ponderar los factores. Estos criterios fueron [11]: Coherencia Académica (CA): formación coherente con su identidad y el currículo con las tendencias educativas, en el marco de la misión institucional; Pertinencia Social (PS): se evidencia en el aporte social de sus egresados, orientado a la búsqueda de soluciones a los grandes problemas sociales, económicos y educativos de la región Caribe y del país; Desarrollo Humano Armónico Integral (DH): Se privilegia de manera equilibrada el desarrollo social, humano y profesional de todos los miembros de la comunidad académica; Fortalecimiento de la Capacidad Investigativa (FI): Se apoyan y promueven las actividades con profesores y estudiantes, fortaleciendo los grupos y semilleros de investigación.

Con los criterios previamente definidos y dada su asimilación por parte de directivos, docentes, egresados y estudiantes asistentes a los talleres, se procedió a determinar el peso de cada uno de estos criterios como requisito para la aplicación de la herramienta multicriterio discreta AHP. Esta determinación del peso de cada criterio se realizó de forma individual.

Después del análisis de los resultados obtenidos se evidenció que dada la importancia de los mismos casi todos los participantes coincidieron en que sus niveles eran iguales para definir la alta calidad de un programa académico; así que por el acuerdo casi generalizado se le asignó el mismo peso de 0,25 a cada criterio. Con los criterios definidos se procedió construir el árbol jerárquico donde se relacionan los criterios establecidos con los factores de acreditación siguientes: Misión y Proyecto Institucional (F1), Estudiantes (F2), Profesores (F3), Procesos Académicos (F4), Bienestar Institucional (F5), Organización, Administración y Gestión (F6), Egresados e Impacto so-

bre el Medio (F7) y Recursos Físicos y Financieros (F8). La fig. 2 ilustra la construcción del árbol jerárquico [12].

### CONSTRUCCIÓN DE MATRICES DE COMPARACIÓN

En julio de 2008 se desarrollaron los talleres para la ponderación de los factores de los programas académicos, en un marco de participación y apropiación de una cultura de autoevaluación - autorregulación en la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico. Los talleres fueron realizados por 60 actores de la Facultad de Ingeniería, conformado por 7 directivos, 2 representantes de los estudiantes, 2 egresados y 49 profesores (coordinadores misionales, planta y catedráticos). Los asistentes se organizaron en grupos de trabajo con representación de cada uno de los cuatro programas académicos (Ingeniería Química, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Agroindustrial). Se les entregaron documentos con las cuatro matrices de comparación (una

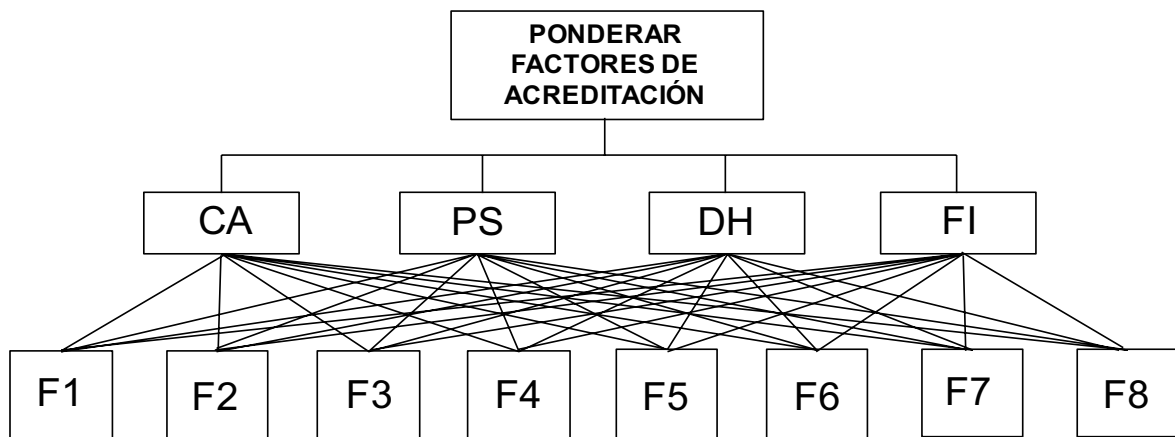


Fig. 2. Árbol jerárquico para ponderar factores

Fuente: Elaboración propia



por cada criterio) en las cuales se debían confrontar por pares los factores de calidad propuestos por el CNA bajo cada uno de los criterios. Se proporcionó una síntesis de los documentos directrices de la Facultad de Ingeniería, tales como el proyecto educativo de la Universidad del Atlántico, la misión institucional, los principios y valores de la Universidad, la misión y visión de la Facultad de Ingeniería y su proyecto académico, así como la definición de los criterios de Coherencia Académica (CA), Pertinencia Social (PS), Desarrollo Humano Armónico Integral (DH), Fortalecimiento de la Capacidad Investigativa (FI) y la definición de los factores acompañados de sus características de calidad [11].

Los factores que el Consejo Nacional de Acreditación ha identificado como centrales en el servicio educativo de educación superior son los siguientes: Misión y Proyecto Institucional (F1), asociado a cuatro características: misión institucional, proyecto institucional, proyecto educativo del programa, relevancia académica y pertinencia social del programa; Estudiantes (F2), asociado a cinco características: mecanismos de ingreso, número y calidad de los estudiantes admitidos, permanencia y deserción estudiantil, participación en actividades de formación integral, reglamento estudiantil; Profesores (F3), asociado a ocho características: selección y vinculación de profesores, estatuto profesoral, número, dedicación y nivel de formación de los profesores, desarrollo profesoral, interacción con las comunidades académicas, estímulos a la docencia, in-

vestigación, extensión o proyección social y a la cooperación internacional, producción de material docente, remuneración por méritos; Procesos Académicos (F4), asociado a catorce características: integralidad del currículo, flexibilidad del currículo, interdisciplinariedad, relaciones nacionales e internacionales del programa, metodologías de enseñanza y aprendizaje, sistema de evaluación de estudiantes, trabajos de los estudiantes, evaluación y autorregulación del programa, formación para la investigación, compromiso con la investigación, extensión o proyección social, recursos bibliográficos, recursos informáticos y de comunicación, recursos de apoyo docente; Bienestar Institucional (F5), asociado a una característica: políticas, programas y servicios de bienestar; Organización, Administración y Gestión (F6), asociado a cuatro características: organización, administración y gestión del programa, sistemas de comunicación e información, dirección del programa, promoción del programa; Egresados e Impacto sobre el Medio (F7), asociado a tres características: influencia del programa en el medio, seguimiento de los egresados, impacto de los egresados en el medio social y académico; Recursos Físicos y Financieros (F8), asociado a tres características: recursos físicos, presupuesto del programa, administración de recursos [1].

La construcción de las matrices de comparación (a partir de la información suministrada) se realizó utilizando una escala discreta numérica que corresponde a expresiones verbales comúnmente

llamada escala de Saaty de acuerdo con la Tabla 1.

TABLA 1. ESCALA FUNDAMENTAL DE SAATY [12]

Escala numérica	Escala verbal
1	Igual importancia.
3	Moderadamente más importante un elemento que el otro.
5	Fuertemente más importante un elemento que el otro.
7	Mucho más fuerte la importancia de un elemento que la del otro.
9	Importancia extrema de un elemento frente al otro.

La escala cuantifica la comparación de factores, de acuerdo con los juicios emi-

tidos dentro de cada criterio. Si se consideraba que la importancia o preferencia se encontraba entre dos valores de la escala, se elegiría el número par que se encontrara entre estos. Además, se indicó lo que sucedería si había inconsistencia de los datos, lo cual conllevaba a la realización de nuevos talleres hasta encontrar un nivel de inconsistencia adecuado [9].

Las Tablas 2, 3, 4 y 5 corresponden a las matrices de comparación para los factores dentro de los criterios de Coherencia Académica ( $A_{CA}$ ), Pertinencia Social ( $A_{PS}$ ), Desarrollo Humano Armónico Integral ( $A_{DH}$ ) y Fortalecimiento de la Capacidad Investigativa ( $A_{FI}$ ), respectivamente. Estas presentan los resultados de los consensos de las comparaciones de factores dentro de cada criterio. Las comparaciones mostradas en las tablas son los resultados finales de consensos de todos los participantes y después de haber realizado las pruebas de consistencia [7], [11].

TABLA 2. MATRIZ DE COMPARACIÓN DE ACUERDO CON EL CRITERIO CA

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
F1	1	5,0000	3,0000	0,3333	6,0000	0,3333	6,0000	7,0000
F2	0,2000	1	0,1667	0,1429	4,0000	0,2000	3,0000	4,0000
F3	0,3333	6,0000	1	0,2500	7,0000	0,3333	6,0000	7,0000
F4	3,0000	7,0000	4,0000	1	7,0000	2,0000	8,0000	8,0000
F5	0,1667	0,2500	0,1429	0,1429	1	0,1667	2,0000	2,0000
F6	3,0000	5,0000	3,0000	0,5000	6,0000	1	5,0000	3,0000
F7	0,1667	0,3333	0,1667	0,1250	0,5000	0,2000	1	1,0000
F8	0,1429	0,2500	0,1429	0,1250	0,5000	0,3333	1,0000	1

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3. MATRIZ DE COMPARACIÓN DE ACUERDO CON EL CRITERIO PS

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>	<b>F7</b>	<b>F8</b>	
<b>A<sub>PS</sub>=</b>	<b>F1</b>	1	4,0000	2,0000	0,5000	2,0000	5,0000	7,0000	7,0000
	<b>F2</b>	0,2500	1	2,0000	0,2500	0,5000	3,0000	0,3333	5,0000
	<b>F3</b>	0,5000	0,5000	1	0,5000	0,2500	0,5000	0,1667	4,0000
	<b>F4</b>	2,0000	4,0000	2,0000	1	4,0000	5,0000	1,0000	7,0000
	<b>F5</b>	0,5000	2,0000	4,0000	0,2500	1	5,0000	0,3333	6,0000
	<b>F6</b>	0,2000	0,3333	2,0000	0,2000	0,2000	1	0,2500	4,0000
	<b>F7</b>	2,0000	3,0000	6,0000	1,0000	3,0000	4,0000	1	7,0000
	<b>F8</b>	0,1429	0,2000	0,2500	0,1429	0,1667	0,2500	0,1429	1

Fuente: Elaboración propia

TABLA 4. MATRIZ DE COMPARACIÓN DE ACUERDO CON EL CRITERIO DH

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>	<b>F7</b>	<b>F8</b>	
<b>A<sub>DH</sub>=</b>	<b>F1</b>	1	0,3333	0,2500	0,3333	0,3333	3,0000	4,0000	7,0000
	<b>F2</b>	3,0000	1	0,2000	0,2500	0,5000	4,0000	6,0000	7,0000
	<b>F3</b>	4,0000	5,0000	1	0,5000	0,5000	3,0000	7,0000	7,0000
	<b>F4</b>	3,0000	4,0000	2,0000	1	1,0000	4,0000	6,0000	6,0000
	<b>F5</b>	3,0000	2,0000	2,0000	1,0000	1	3,0000	5,0000	6,0000
	<b>F6</b>	0,3333	0,2500	0,3333	0,2500	0,3333	1	3,0000	5,0000
	<b>F7</b>	0,2500	0,1667	0,1429	0,1667	0,2000	0,3333	1	4,0000
	<b>F8</b>	0,1429	0,1429	0,1429	0,1667	0,1667	0,2000	0,2500	1

Fuente: Elaboración propia

TABLA 5. MATRIZ DE COMPARACIÓN DE ACUERDO AL CRITERIO FI

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>	<b>F7</b>	<b>F8</b>	
<b>A<sub>FI</sub>=</b>	<b>F1</b>	1	2,0000	0,5000	0,3333	6,0000	3,0000	7,0000	3,0000
	<b>F2</b>	0,5000	1	0,3333	0,2500	5,0000	3,0000	6,0000	3,0000
	<b>F3</b>	2,0000	3,0000	1	1,0000	6,0000	4,0000	7,0000	4,0000
	<b>F4</b>	3,0000	4,0000	1,0000	1	7,0000	5,0000	8,0000	4,0000
	<b>F5</b>	0,1667	0,2000	0,1667	0,1429	1	0,2000	3,0000	0,3333
	<b>F6</b>	0,3333	0,3333	0,2500	0,2000	5,0000	1	3,0000	0,5000
	<b>F7</b>	0,1429	0,1667	0,1429	0,1250	0,3333	0,3333	1	0,2000
	<b>F8</b>	0,3333	0,3333	0,2500	0,2500	3,0000	2,0000	5,0000	1

Fuente: Elaboración propia

Para llenar los datos de las matrices cada participante comparó los factores por pares realizando un total de 28 comparaciones (ocho combinaciones de dos) por cada criterio. Debido a que el tamaño de la matriz es de ocho por ocho (64 elementos), entonces los demás elementos se llenaron de la siguiente manera: en cada diagonal se ingresó el número 1, porque es la comparación de cada factor con él mismo y en el resto de comparaciones se sacaron por los inversos. A continuación se detalla un ejemplo del procedimiento de llenado de una comparación consensuada, de acuerdo con el criterio de Coherencia Académica (matriz  $A_{CA}$ ): los participantes de los talleres de la Facultad de Ingeniería después de haber leído y analizado el proyecto educativo, la misión, los principios y valores de la Universidad del Atlántico y de la Facultad de Ingeniería consideraron que el Factor 1 (Misión y Proyecto Institucional) es fuertemente más importante (escala de 5) que el Factor 2 (Estudiantes), entonces la comparación del Factor 2 con respecto al Factor 1 es de 1/5. Estos datos se leen en la fila 1 (Factor 1) con conexión a la columna 2 (Factor 2) y en la fila 2 (Factor 2) con conexión a la columna 1 (Factor 1), respectivamente.

### NORMALIZACIÓN DE MATRICES Y VECTORES DE PESOS RELATIVOS

La normalización de una matriz “A” se realiza de la siguiente forma: sea  $a_{ij}$  el elemento de cualquier matriz “A”, entonces el elemento normalizado  $n_{ij}$  se calcula mediante (1).

$$n_{ij} = a_{ij} / \sum_{k=1}^n a_{kj} \quad \forall ij \text{ donde } i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Donde n es el número de factores de la matriz (n=8), con i o j representando a cada uno de los factores [12], [13]. De esta forma se puede interpretar que en la matriz  $A_{CA}$  (criterio de Coherencia Académica) el elemento  $a_{12}=5$  corresponde a la comparación del Factor 1 (Misión y Proyecto Institucional) con el Factor 2 (Estudiantes).

Después de que se haya calculado  $n_{ij}$ , los elementos de cada vector de ponderación se calculan mediante (2).

$$w_i = (1/n) \sum_{j=1}^n n_{ij} \quad \forall i \text{ donde } i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Estos pesos relativos ( $w_i$ ) se agruparon en vectores de pesos relativos para cada criterio, representados de la siguiente forma: vector de Coherencia Académica ( $W_{CA}$ ), vector de Pertinencia Social ( $W_{PS}$ ), vector de Desarrollo Humano Armónico Integral ( $W_{DH}$ ) y vector de Fortalecimiento de la Capacidad Investigativa ( $W_{FI}$ ).

Los cálculos se realizaron con la ayuda de Microsoft Excel. Los resultados se muestran en la Tabla 6 y la Fig. 3.

TABLA 6. VECTORES DE PESOS RELATIVOS

	$W_{CA}$	$W_{PS}$	$W_{DH}$	$W_{FI}$
<b>F1</b>	0,1715	0,2372	0,0946	0,1572
<b>F2</b>	0,0647	0,0749	0,1339	0,1217
<b>F3</b>	0,1445	0,0561	0,2033	0,2421
<b>F4</b>	0,3165	0,2216	0,2382	0,2838
<b>F5</b>	0,0361	0,1201	0,2082	0,0333
<b>F6</b>	0,2098	0,0488	0,0639	0,0643
<b>F7</b>	0,0272	0,2227	0,0363	0,0221
<b>F8</b>	0,0298	0,0186	0,0216	0,0756

Fuente: Elaboración propia

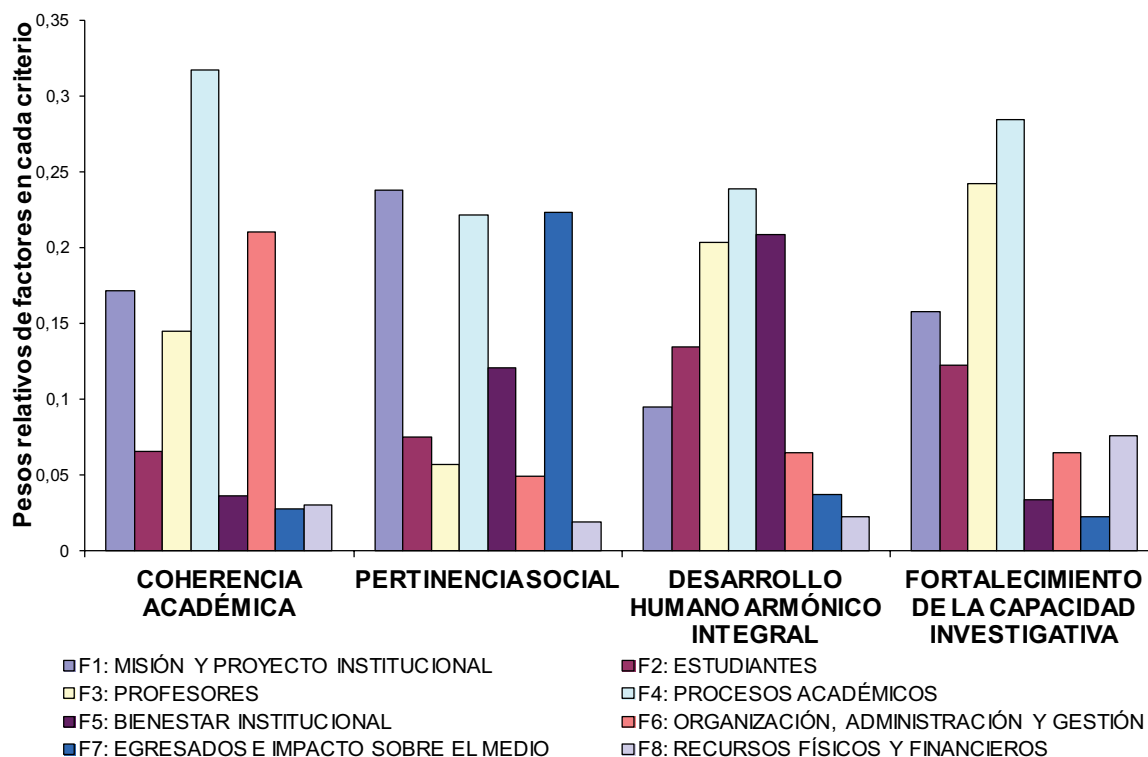


Fig. 3. Comparación de pesos relativos por criterios

Fuente: Elaboración propia

## ANÁLISIS DE PRUEBAS DE CONSISTENCIA

La prueba de consistencia de una matriz inconsistente “A” se realiza de la siguiente forma: sea  $a_{ij}$  el elemento de cualquier matriz inconsistente “A”, entonces utilizando los cálculos en (2) junto con los elementos de la matriz  $a_{ij}$  se utilizan las ecuaciones (3), (4) y (5).

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j \quad (3)$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

Donde RI se lee del siguiente cuadro [14]:

n	3	4	5	6	7	8	9
RI	0,6	1	1,1	1,2	1,3	1,41	1,45

Una relación de consistencia inferior o igual a 0,10 se considera aceptable. Sin embargo, si el valor de CR excede 0,10 se recomienda volver a examinar los juicios formulados o tomar un nivel de inconsistencia mayor.

Mediante las ecuaciones (3), (4) y (5) se evaluó la consistencia de las matrices de comparación a un nivel aceptable. Las fórmulas matemáticas utilizadas para hallar la relación de consistencia (CR) a partir del índice de consistencia (CI) y el índice aleatorio (RI) fueron tomadas de [12], [14].

Durante el desarrollo de los talleres, el análisis de las matrices mostró que no fueron consistentes y se les solicitó a los participantes examinar los juicios formulados. Debido a la complejidad de las interacciones de juicios (por la cantidad de participantes y por el número elevado de comparaciones pareadas) se consideró el aspecto de establecer una consistencia para esta investigación. Así, se adaptó la investigación de Monroy [15] y Moreno [16] que se utiliza para matrices incompletas que permiten una interpretación de una inconsistencia análoga. De esta forma se estableció la relación de consistencia aceptable cercana a 0,20. De las pruebas realizadas a las cuatro matrices de comparación, tres de ellas resultaron con niveles de inconsistencia inferiores a 0,20 ( $A_{CA}$ ,  $A_{DH}$  y  $A_{FI}$ ) y la matriz ( $A_{PS}$ ) con un nivel de inconsistencia cercano a 0,20. Los resultados de las pruebas de consistencia para cada criterio se detallan en la Tabla 7.

TABLA 7. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CONSISTENCIAS

Matriz	$\lambda_{max}$	CI	RI	CR
<b>A CA</b>	9,4527	0,2075	1,41	0,14718
<b>A PS</b>	10,1566	0,3081	1,41	0,21851
<b>A DH</b>	9,3510	0,1930	1,41	0,13688
<b>A FI</b>	8,7316	0,1045	1,41	0,07412

Fuente: Elaboración propia

## RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA PONDERACIÓN

Mediante la aplicación de la herramienta multicriterio discreta AHP se ponderaron los factores de acreditación de alta calidad a partir de los vectores de pesos relativos obtenidos en la Tabla 6. Las matrices de donde provienen estos vectores cumplieron la prueba de con-

sistencia presentada anteriormente. Se computó la ponderación de los factores de acreditación mediante la ecuación específica (6).

$$P_{F_i} = \sum_m p_m w_m \quad \forall_i \quad (6)$$

Donde  $w_m$  representa el peso relativo del Factor  $i$  dentro del criterio  $m$  con ( $m= CA, PS, DH, FI$ ) y  $p_m$  el peso de cada criterio  $m$ . En los talleres se evidenció que dada la importancia de los criterios, casi todos los participantes coincidieron en que, para definir la alta calidad académica, sus niveles eran igualmente importantes, entonces:  $p_{CA} = p_{PS} = p_{DH} = p_{FI} = 0,25$ .

La ecuación (6) es coherente con el árbol jerárquico de la Fig. 2. Es decir, se promediaron ponderadamente los pesos relativos de un factor dentro de cada uno de los criterios. Los resultados de la ponderación de los factores de acreditación de alta calidad se detallan en la Fig. 4 y en la Tabla 8.

La Fig. 4 es un histograma que muestra gráficamente los factores por su importancia; es decir, entre más alta sea la barra (en la figura) más importante es el factor. En la Tabla 8 se ordenan los factores, según su ponderación numérica.

De acuerdo con los cuatro criterios establecidos por la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico y los ocho factores de calidad propuestos por el CNA se determinó el siguiente orden de importancia: Procesos Académicos (primero), Misión y Proyecto Institucional (segundo), Profesores (tercero), Bienestar Institucional (cuarto), Estudiantes (quinto), Organización, Admi-

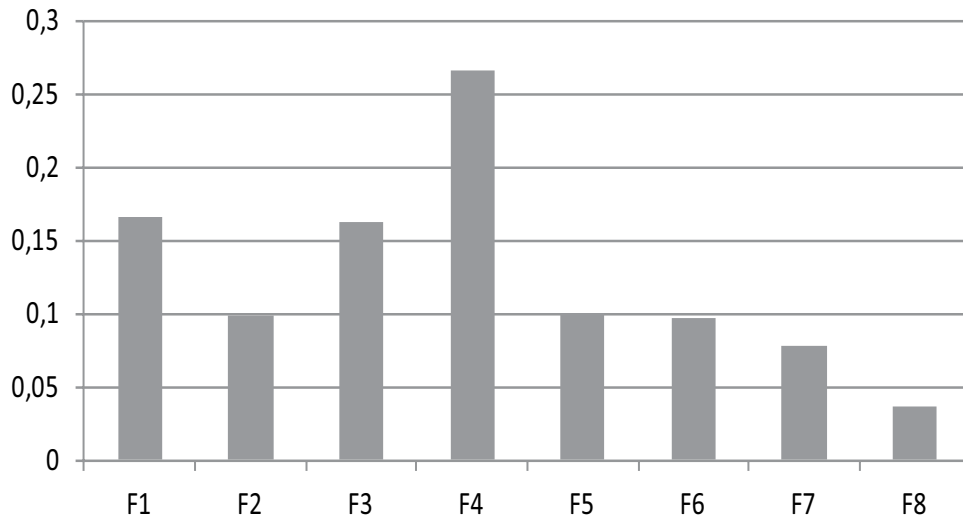


Fig. 4. Ponderación de los factores de acreditación de la Facultad de Ingeniería

Fuente: Elaboración propia

TABLA 8. RESULTADOS DE LA PONDERACIÓN DE FACTORES POR IMPORTANCIA PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA

FACTORES	PONDERACIÓN	IMPORTANCIA
F4. Procesos Académicos	0,265	El factor más importante
F1. Misión y Proyecto Institucional	0,1651	El segundo factor en importancia
F3. Profesores	0,1615	El tercer factor en importancia
F5. Bienestar Institucional	0,0994	El cuarto factor en importancia
F2. Estudiantes	0,0988	El quinto factor en importancia
F6. Organización, Administración y Gestión	0,0967	El sexto factor en importancia
F7. Egresados e impacto sobre el medio	0,0771	El séptimo factor en importancia
F8. Recursos físicos y financieros	0,0364	El octavo factor en importancia

Fuente: Elaboración propia

nistración y Gestión (sexto), Egresados e impacto sobre el medio (séptimo) y Recursos Físicos y Financieros (octavo). Esta ponderación se logró con bajos niveles de inconsistencia entre los juicios emitidos por los participantes de los talleres. Todos los factores son necesarios en el proceso de acreditación, así que no se pretendía elegir el mejor sino ponderar su importancia, en su sentido ideal.

Estos resultados contribuyen a la solución del problema de ponderar factores en procesos de acreditación de alta calidad, analizando la consistencia de juicios. La comparación pareada de factores utilizando AHP mediante la escala numérica de Saaty condujo a la ponderación de factores con análisis de consistencia, permitiendo ordenar los factores por su importancia.

## CONCLUSIONES

La ponderación de factores en procesos de acreditación de alta calidad requiere de una técnica cuantitativa que ayude a reflejar los niveles de importancia de directivos, profesores, estudiantes y egresados, de acuerdo con sus percepciones. La particularidad de aplicar teoría de Decisiones Multicriterio Discreta radica en ofrecer apoyo cuantitativo a la práctica común de realizar talleres solo con acuerdos verbales. Esta técnica ofrece un espacio para la cuantificación de juicios, criterios, consistencias y factores. La Teoría de decisión multicriterio discreta mediante la técnica AHP (Analytic Hierarchy Process) condujo a la definición de criterios y a la ponderación de factores en procesos de acreditación de alta calidad, con niveles de inconsistencia deseables.

La técnica AHP es una herramienta adecuada en la ponderación de factores; sin embargo, al inicio no arrojó resultados inmediatos debido a las inconsistencias de las matrices que debieron modificarse para cumplir con los niveles de inconsistencia. Los talleres permitieron interacciones entre los miembros de una Facultad de Ingeniería asociando los ocho factores establecidos por el Consejo Nacional de Acreditación (CNA) con el PEI, lineamientos, principios, valores, misión, visión y política de calidad institucional y de facultad con una cuantificación consistente de juicios. Todos los factores son necesarios en el proceso de acreditación, así que no se pretendía elegir el mejor sino ponderar sus importancias.

Finalmente, se pudo demostrar que la comparación pareada de factores en procesos de acreditación de alta calidad utilizando la Teoría de decisión multicriterio

discreta mediante AHP condujo a la ponderación de factores, mejorando la consistencia de la información y asignando un peso en orden de importancia.

## REFERENCIAS

- [1] CNA. *Lineamientos para la Acreditación de Programas*. Bogotá-Colombia: Ministerio de Educación Nacional, 2006.
- [2] Colombia Aprende. *Cómo armar un PEI*. [Online]. Disponible en: [http://www.colombiaprende.edu.co/html/docentes/1596/article-125469.html#h2\\_1](http://www.colombiaprende.edu.co/html/docentes/1596/article-125469.html#h2_1)
- [3] Congreso de la República de Colombia. Ley General de Educación No. 115 de 1994, Artículo 73. [Online]. Disponible en: [http://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-85906\\_archivo\\_pdf.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-85906_archivo_pdf.pdf)
- [4] Política de calidad, misión y visión, Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico. Departamento de Publicaciones. Barranquilla, Colombia, 1999.
- [5] Proceso de Ponderación. Universidad del Tolima. [Online]. Disponible en: [http://desarrollo.ut.edu.co/tolima/hermesoft/portal/home\\_1/rec/arc\\_23337.pdf](http://desarrollo.ut.edu.co/tolima/hermesoft/portal/home_1/rec/arc_23337.pdf)
- [6] M. Beynon, "DS/AHP method: A mathematical analysis, including an understanding of uncertainty". *European Journal of Operational Research* 148-164, 2002.
- [7] T. L. Saaty, "How to make a decision: the Analytic Hierarchy Process". *Interfaces*, 24 (6), 19-43, 1994.
- [8] J. L. Zanazzi. *Anomalías y supervivencia en el método de toma de decisiones de Saaty*. Departamento Producción, Gestión y Medio Ambiente. Universidad Nacional de Córdoba, 2003.
- [9] T. L. Saaty, "Decision making with the Analytic Hierarchy Process", *Int. J. Services Sciences*, 1(1), 83-98, 2008.



- [10] PEI. Proyecto Educativo Institucional de la Universidad del Atlántico. Departamento de Publicaciones. Barranquilla, Colombia, 1999.
- [11] Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico. *Talleres para la ponderación de factores en procesos de acreditación*. Barranquilla, Colombia. Julio de 2008.
- [12] D. Anderson et al., *Métodos cuantitativos para los negocios*. 7th ed. International Thomson Editores. pp. 746-760, 1999.
- [13] H. Taha, *Operations Research: An Introduction* 8th ed. Pearson Education, Inc. - Prentice Hall, Inc. pp. 490-500, 2007.
- [14] E. Triantaphyllou and S. Mann, "Using the Analytic Hierarchy Process for Decision Making in Engineering Applications: Some Challenges", *Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, Vol. 2, No. 1, pp. 35-44, 1995.
- [15] T. Monroy, *Construcción de la política de admisión para la Universidad de Los Andes por medio de la metodología Proceso Analítico Jerárquico*. Bogotá-Colombia: Universidad de Los Andes, 2000.
- [16] J. Moreno, *El índice de consistencia geométrico para matrices incompletas en AHP*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza, 2003.
- [17] Universidad Militar Nueva Granada. *Proceso de Autoevaluación Institucional*. [Online]. Disponible en: <http://acreditacion.umng.edu.co/docs/informes/IfoPondFinal.pdf>
- [18] Universidad Pontificia Bolivariana. *Autoevaluación con fines de Renovación de la Acreditación*. [Online]. Disponible en: [http://www.upb.edu.co/portal/page?\\_pageid=1054,34614853&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1054,34614853&_dad=portal&_schema=PORTAL)
- [19] Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. *Procedimiento de autoevaluación de los programas*. [Online]. Disponible en: [http://virtual.uptc.edu.co/acreditacion/modelo/anexos/guiasyformatos/guias/guia\\_02\\_ponderaciones.pdf](http://virtual.uptc.edu.co/acreditacion/modelo/anexos/guiasyformatos/guias/guia_02_ponderaciones.pdf)
- [20] R. Dyer and E. Forman, "Group Decision Support with the Analytic Hierarchy Process". *Decision Support Systems* 8: 199-124, 1992.

