

En español

Objetivos universitarios y resultados socioeconómicos de la ingeniería: Un análisis multicriterio de alineación

Félix Antonio Cortés Aldana¹, Ismael Peña Reyes²,
Jaime Orlando Cortés Aldana³

RESUMEN

Las facultades o escuelas de las universidades desarrollan mecanismos de transferencia de conocimiento como herramientas para lograr los objetivos de las misiones universitarias con el entorno socioeconómico. El principal propósito de este trabajo es presentar los resultados obtenidos al medir el grado de alineación de los objetivos estratégicos de una universidad con los resultados obtenidos por una facultad, mediante sus mecanismos de transferencia de conocimiento. Esto permite desarrollar un diagnóstico, comparando la situación deseada por el equipo directivo de la universidad (caso esperado) con los resultados reales obtenidos al desarrollar los planes que aplican los mecanismos de transferencia de conocimiento (caso real). Para lograr lo anterior se aplican técnicas de análisis de decisión multicriterio (*Multi-Criteria Decision Analysis, MCDA*), en concreto, el proceso de análisis en red (*Analytic Network Process - ANP*) y el proceso de análisis jerárquico (*Analytic Hierarchy Process- AHP*). Los resultados presentados dependen de la experiencia y percepciones de los expertos que participaron en el estudio. La metodología propuesta en el presente trabajo es aplicada en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia. El estudio permite medir: la importancia de cada uno de los objetivos estratégicos de una universidad, los resultados alcanzados en una facultad en cada uno de los objetivos, el grado de alineación entre los resultados esperados y los reales, y el nivel de influencia de cada uno de los mecanismos de transferencia de conocimiento.

Palabras claves: relación universidad - entorno socioeconómico, proceso de análisis en red, proceso de análisis jerárquico.

Recibido: octubre 16 de 2009

Aceptado: febrero 20 de 2011

In English

University objectives and socio-economic results regarding engineering: multi-criteria measuring of alignment

Félix Antonio Cortés Aldana⁴, Ismael Peña Reyes⁵,
Jaime Orlando Cortés Aldana⁶

ABSTRACT

University faculties and schools develop mechanisms for knowledge transfer as tools for achieving goals stated in a university's mission regarding its socio-economic environment. The main purpose of this paper is to present the results obtained after measuring the degree of alignment of a university's strategic objectives with results obtained by a faculty through its knowledge transfer mechanisms. This allows for diagnosis by comparing the situation desired by the university management team (expected case) with actual results achieved by developing plans applying the knowledge transfer mechanisms (real case). Multi-criteria decision analysis techniques (MCDA) were thus applied, namely analytic network process (ANP) and analytic hierarchy process (AHP). The results relied on the experience and perceptions of the experts who participated in the study. The methodology proposed in this paper has been applied in the Universidad Nacional de Colombia's Faculty of Engineering. The study led to measuring the importance of each of a university's strategic objectives, the results achieved in a faculty regarding each objective, the degree of alignment between expected and actual results and each knowledge transfer mechanism's level of influence.

Keywords: relationship between university and socio-economic environment, multiple criteria analysis, analytic network process (ANP), analytic hierarchy process (AHP).

Received: October 16th 2009

Accepted: February 20th 2011

¹ Ph. D. en Proyectos de Ingeniería e Innovación. M.Sc. en Ciencias Económicas. Profesor Asociado, Miembro del grupo de investigación UN-ALGOS, Departamento Ingeniería de Sistemas e Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. facortesa@unal.edu.co.

² Ph. D. en Ciencias de Gestión - Sistemas de Información. M.Sc., en Sistemas de Información y Organización. Esp. en Educación. Profesor Asociado, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial, Universidad Nacional de Colombia. jipenar@unal.edu.co

³ M.Sc., en Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Colombia. Funcionario, Gobernación de Cundinamarca. jaime.cortes@cundinamarca.gov.co

⁴ PhD in Engineering Projects and Innovation. M.Sc. in Economics. Associate Professor and Member of research group UNALGOS, Department of Systems and Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Universidad Nacional de Colombia. facortesa@unal.edu.co.

⁵ PhD. in Management Information Systems. M.Sc. in Management Information Systems. MA in Education. Associate Professor, Department of Industrial and Systems Engineering, Universidad Nacional de Colombia. jipenar@unal.edu.co

⁶ M.Sc. in Economics, Universidad Nacional de Colombia. Government employee, Gobernación de Cundinamarca. jaime.cortes@cundinamarca.gov.co

Introducción

La universidad siempre ha sido una institución social, por lo cual ha mantenido relación, por medio de sus escuelas o facultades, con el entorno socioeconómico, desde sus inicios medievales, en el siglo XII. Además, sus misiones y sus fines han sido orientados por las circunstancias específicas del entorno socioeconómico y político en el cual se desenvuelve (Geuna y Nesta, 2006). La relación universidad - entorno socioeconómico involucra un conjunto de procesos y prácticas que se constituyen en *mecanismos de transferencia de conocimiento*⁷, donde los elementos académicos y administrativos de la universidad se relacionan entre sí y con el exterior para desarrollar y realizar acciones y proyectos en beneficio de todos (Cortés-Aldana et al., 2009). Los mecanismos de transferencia de conocimiento son los medios instrumentales que facilitan el establecimiento de la interacción universidad/entorno socioeconómico. Entre los mecanismos de transferencia de conocimiento de aparición reciente destacan las empresas derivadas o conjuntas, las incubadoras de empresas y los parques científicos o tecnológicos. Éstos vienen a complementar y fortalecer los mecanismos tradicionales, tales como los programas de formación de recursos humanos; las unidades de entrenamiento industrial; la consultoría académica; los servicios científicos y tecnológicos; el reclutamiento de futuros profesionales; los proyectos de investigación contratada, de innovación tecnológica, conjuntos o específicos; uso de instalaciones universitarias; uso de licencias de explotación de invenciones, entre otros (Bramwell y Wolfe, 2008; D'Este y Patel, 2007; Lee y Win, 2004).

En el trabajo se tienen en cuenta las características de los agentes que transfieren, como las facultades o escuelas de una universidad, y de los medios de transferencia, tales como los mecanismos de transferencia de conocimiento (Bozeman, 2000). Su objetivo consiste en evaluar el grado de alineación entre los fines u objetivos estratégicos de una universidad y los resultados obtenidos con la aplicación de los mecanismos de transferencia de conocimiento en una facultad. La Unidad de Análisis es una de las facultades más grandes de la Universidad Nacional de Colombia (www.unal.edu.co): la Facultad de Ingeniería, sede Bogotá (<http://www.ing.unal.edu.co>). La Universidad Nacional de Colombia es un ente universitario autónomo, vinculado al Ministerio de Educación Nacional, con régimen especial y definido como una universidad nacional, pública y del Estado. Su objetivo es el desarrollo de la educación superior y la investigación, que serán fomentadas por el Estado, permitiendo el acceso a ella y desarrollándola a la par de las ciencias y las artes para alcanzar la excelencia. Como institución pública se refiere a que tiene un carácter pluralista, pluriclasista y laico. Además, la universidad no responde a intereses particulares, lo que le permite pensar y proponer soluciones a problemas nacionales por encima de intereses relacionados con una rentabilidad económica. La Universidad Nacional de Colombia cuenta con siete sedes (Bogotá, Medellín, Manizales, Palmira, Leticia, Arauca y San Andrés), distribuidas en el territorio colombiano; pese a esto, se habla de

Introduction

Universities have always been social institutions so they have maintained a relationship with their socio-economic development through their schools or faculties from their early moments in the twelfth century. Their missions and purposes have also been guided by the specific circumstances of the socio-economic and political environment in which they occur (Geuna and Nesta, 2006). The relationship between universities and socio-economic environment involves a set of processes and practices constituting *knowledge transfer mechanisms*⁷ where university academic and administrative elements are interrelated and connected with the outside world to develop and implement action and projects for the benefit of all (Cortés-Aldana et al., 2009). Knowledge transfer mechanisms are instrumental means for facilitating the establishment of the interaction between universities and their socio-economic environment. The mechanisms for transferring recent knowledge include spin-offs or joint businesses, business incubators and science or technology parks. These are aimed at complementing and strengthening traditional mechanisms such as training human resources, industrial training units, academic consultancy, scientific and technological services, recruiting future professionals, specific or sets of contract research and technological innovation projects, use of university facilities, licensing and exploiting inventions (Bramwell and Wolfe, 2008; D'Este and Patel, 2007; Lee and Win, 2004).

This paper takes transfer agents characteristics into account, such as a university's faculties or schools, and the means of transfer, such as knowledge transfer mechanisms (Bozeman, 2000). Its object was to assess the degree of alignment between a university's goals or strategic objectives and the results obtained from applying knowledge transfer mechanisms in a faculty. The unit of analysis was one of the largest faculties at the Universidad Nacional de Colombia (www.unal.edu.co): the Faculty of Engineering in Bogotá (<http://www.ing.unal.edu.co>). The Universidad Nacional de Colombia is an autonomous academic body attached to the Ministry of National Education, having a special scheme, being defined as a national, public and state university. Its objective is developing higher education and research which will be supported by the state allowing access to it and fostering its development, at the same time as science and arts, to achieve excellence. It has a pluralistic, multi-class and secular nature as a public institution. The university does not respond to particular interests, allowing thinking and proposing solutions for national problems over concerns related to economic profitability. The Universidad Nacional de Colombia has seven facilities distributed throughout Colombia (Bogotá, Medellín, Manizales, Palmira, Leticia, Arauca and San Andrés); despite this, it is seen as just one national campus, a centre where different and often contradictory currents of thought and urban expressions are found, emphasising its ability to represent the Colombian nation.

⁷ En este trabajo, se utiliza el término "transferencia de conocimiento" teniendo en cuenta que Meyer-Krahmer y Schmoch (1998) comprueba que el término alternativo "intercambio de conocimiento científico" es el elemento central de la relación universidad - empresa y en general de la relación universidad entorno socio-económico.

⁷ The term "knowledge transfer" is used in this paper considering that Meyer-Krahmer and Schmoch (1998) found that the alternative term "exchange of scientific knowledge" was the central element of university-industry relationship and university-socio-economic environment relationship.

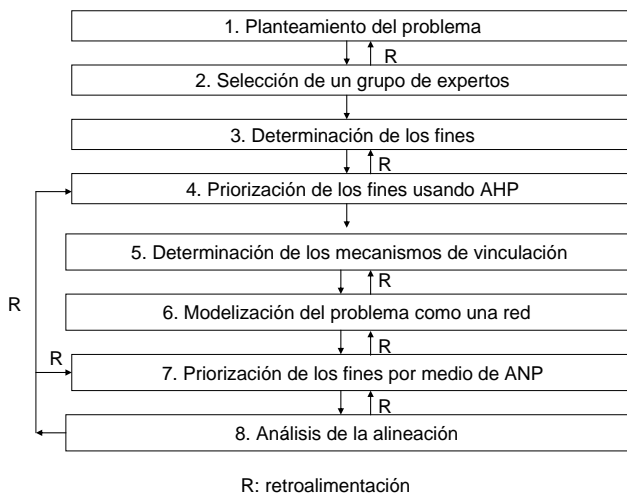
un solo campus nacional, el mismo que es centro donde se encuentran diferentes (y muchas veces contradictorias), corrientes de pensamiento y expresiones urbanas que acentúan su carácter de representante de la nación colombiana.

La presente evaluación permite comparar la situación deseada por el equipo directivo de la universidad con la real derivada de la aplicación de los planes que desarrollan los mecanismos de transferencia de conocimiento, asociados a las tres misiones de la universidad y en relación con el entorno socioeconómico. Para ello se propone el uso de una metodología basada en técnicas de análisis de decisión multicriterio (MCDA) como el proceso analítico en red, ANP (Saaty, 1996) y el proceso analítico jerárquico, AHP (Saaty, 1980).

Metodología y datos

La metodología de análisis propuesta tiene en cuenta las características del problema de alineación que se pretende analizar (Cortés et al., 2009), las etapas generales del proceso de decisión (Aragónés et al., 2008) y las especificidades de las técnicas de análisis de decisión multicriterio (MCDA) AHP y ANP (Saaty, 1980; Saaty, 2001), para lo cual se siguieron las etapas reflejadas en la figura 1.

Figura 1. Etapas de la propuesta metodológica de alineación con AHP y ANP



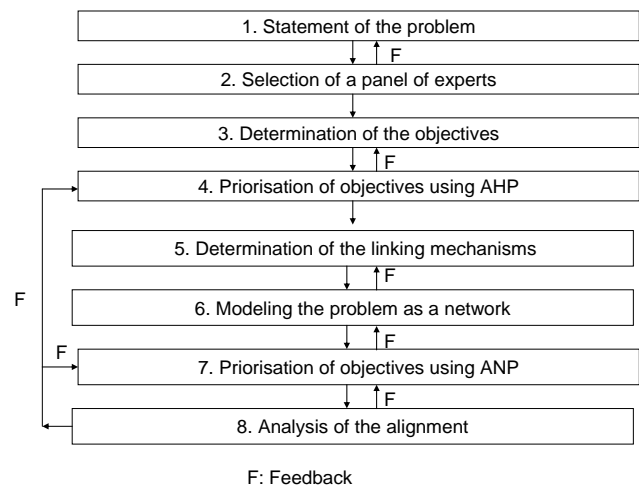
El MCDA "es un término que incluye un conjunto de conceptos, métodos y técnicas que buscan ayudar a individuos o grupos a tomar decisiones, las cuales involucran varios puntos de vista en conflicto y múltiples grupos de interés" (Belton y Stewart, 2002). Todos estos conceptos y métodos de MCDA han sido ampliamente estudiados en la literatura de investigación de operaciones (Barba-Romero y Pomerol, 1997; Belton y Stewart, 2002; Figueira et al., 2005). Seleccionar la técnica MCDA apropiada no es fácil. Según (Bouyssou et al., 2000), existen varios modelos que pueden ser utilizados en un proceso de toma de decisiones. No hay un mejor modelo. En este trabajo se usaron dos de las técnicas de mayor reconocimiento en MCDA: el proceso analítico jerárquico (Saaty, 1980) y el proceso analítico en red (Saaty, 2001). Su combinación permitió usar cada uno de ellas en las etapas de modelamiento donde se presentan las mayores ventajas.

This evaluation compares the situation desired by the university's board with the real situation, resulting from implementing plans for developing knowledge transfer mechanisms associated with the university's three missions and in relation to the socio-economic environment. Analysis was based on multi-criteria decision analysis techniques (MCDA), analytic network process (ANP) (Saaty, 1996) and the analytic hierarchy process (AHP) (Saaty, 1980).

Methodology and data

The proposed methodology took the characteristics of the alignment problem to be analysed into account (Cortés et al., 2009), the general decision-making stages (Aragónés et al., 2008) and specific multi-criteria decision analysis (MCDA) techniques AHP and ANP (Saaty, 1980) (Saaty, 2001), which followed the steps shown in Figure 1.

Figure 1. Stages in the proposed methodology for AHP and ANP alignment



MCDA is a, "term that includes a set of concepts, methods and techniques that aim to help individuals or groups to make decisions, which involve various conflicting views and multiple stakeholders" (Belton and Stewart, 2002). All these MCDA concepts and methods have been extensively studied in operations research literature (Barba-Romero and Pomerol, 1997, Belton and Stewart, 2002, Figueira et al., 2005). Selecting the appropriate MCDA technique is not easy. According to (Bouyssou et al., 2000), several models can be used in decision-making; there is no best model. AHP (Saaty, 1980) and ANP (Saaty, 2001) are used in this paper for greater recognition in MCDA; combining them allowed each of them to be used during the modelling stages, thereby presenting the greatest advantages.

En español

La técnica AHP ha sido utilizada en este trabajo para asignar las prioridades de los objetivos de la universidad en relación con su entorno. Dicha técnica modela un problema de decisión como una jerarquía de niveles que se relacionan entre sí unidireccionalmente. El nivel superior de la jerarquía es el objetivo del problema, mientras que el nivel inferior está formado por las alternativas a evaluar, y los niveles intermedios son los criterios tangibles o intangibles que contribuyen al objetivo del problema y en base a los cuales se evalúan las alternativas. Mediante comparación pareada, y con ayuda de la escala fundamental de Saaty, el AHP asigna pesos a los elementos de cada nivel para medir su importancia local y al final determina los pesos globales de las alternativas con un procedimiento aditivo. La coherencia de los juicios se mide con un ratio de consistencia, que debe ser igual o inferior a 0,10 para ser aceptado. Los fundamentos matemáticos del AHP se encuentran en Saaty (1994, 1996). Aunque el AHP es conceptualmente fácil de utilizar, su estricta estructura jerárquica no puede abordar la complejidad de muchos problemas reales. Como solución, Saaty propuso el ANP, la generalización del AHP, con lo cual se pudo representar un modelo en red de las misiones de la universidad: docencia, investigación y tercera misión, de sus mecanismos de transferencia de conocimiento, así como las interacciones entre ellos. La técnica ANP representa un problema de decisión como una red de criterios y alternativas (englobados todos en el término elementos), agrupados en componentes. Todos los elementos de la red pueden incorporar relaciones de realimentación e interdependencia entre componentes, lo que permite una modelización más precisa de escenarios complejos. La influencia de los elementos de la red sobre otros elementos del modelo se registra en una supermatriz, matriz cuadrada cuya dimensión corresponde al número de elementos de la red. En la supermatriz se almacenan los pesos relativos correspondientes a las influencias de los elementos de las filas sobre los de las columnas, obtenidos por comparación pareada.

En este trabajo se usó dicha técnica por las siguientes razones: 1) la priorización de objetivos es un problema de decisión multicriterio, 2) algunos objetivos que se necesitan priorizar son intangibles y por tanto es difícil establecer su importancia por otros métodos, 3) pueden existir interdependencias entre las misiones de la universidad y entre las misiones y los mecanismos.

La técnica ANP ha sido utilizada recientemente en diferentes problemas de toma de decisión, tales como la valoración de zonas urbanas industriales (Aragón et al., 2008), la selección de estrategias (Yüksel and Dagdeviren, 2007), la selección de la gestión de la cadena de suministro de una empresa (Agarwal et al., 2006), la determinación de la mejor política energética en un país (Haktanirlar, 2005), la selección de la mejor opción de logística inversa en computadores (Ravi et al., 2005) y la planeación mixta de productos (Chung et al., 2005). No han aparecido todavía aplicaciones del ANP para analizar los objetivos o fines de la universidad con respecto a los resultados de una facultad en relación con el entorno socioeconómico.

La información necesaria para la usar estas técnicas fue recogida mediante la aplicación de encuestas dirigidas a expertos en el tema. La definición de los modelos de la metodología se realizó teniendo en cuenta los diferentes aspectos que han sido reconocidos como elementos relevantes en la literatura, considerando especialmente los trabajos antes mencionados en la introduc-

In English

The AHP technique has been used in this work to assign priorities to the university's objectives regarding its surroundings. This technique models a decision-making problem as a hierarchy of levels which are uni-directionally related to each other. The upper level of the hierarchy is the problem's objective; the lower level consists of alternatives to be evaluated and intermediate levels are tangible criteria and/or tangibles contributing to the problem and are based on which alternatives are being evaluated. AHP assigns weighting to each level's elements to measure their local importance and ultimately determines the overall weighting of alternatives through an additional process by paired comparison, using the fundamental Saaty scale. Judgment consistency is measured by a consistency ratio which must be equal to or less than 0.10 to be accepted. AHP's mathematical basis can be found in (Saaty, 1994) (Saaty, 1996). While AHP is conceptually easy to use, its strict hierarchical structure cannot address many real problems' complexity. Saaty thus proposed the ANP, a generalisation of the AHP, through which a network model of a university's missions could be represented: teaching, research and third mission, knowledge transfer mechanisms and interactions. ANP represents a decision-making problem as a network of criteria and alternatives (all coming under the term "elements"), grouped into components. All network elements can incorporate feedback and interdependent relationships between components, allowing for more accurate modelling of complex scenarios. Network element influence on other elements in the model is recorded in a supermatrix; this is a square matrix whose dimension is the number of network elements. The supermatrix stores the relative weighting for the elements' influences from the rows on the column, obtained by paired comparison.

This technique was used in this work for the following reasons: prioritising objectives is a multi-criteria decision problem, some objectives to be prioritised are intangible and therefore, it is difficult to establish their importance using other methods and there may be interdependence among a university's missions and between such missions and mechanisms.

ANP has been used recently in different decision-making problems, such as valuation of urban industrial land (Aragones et al., 2008), selecting strategies (Yüksel and Dagdeviren, 2007), selecting management for a company's supply chain (Agarwal et al., 2006), determining a country's best energy policy (Haktanirlar, 2005), selecting the best reverse logistics option in computers (Ravi et al., 2005) and joint planning of products (Chung et al., 2005). ANP applications for analysing a university's goals or purposes regarding faculty results in relation to socio-economic development have not yet appeared.

The information needed for using these techniques was gathered through surveys aimed at experts in the field. The methodology's models were defined by taking different approaches into account which have been recognised as being important elements in the pertinent literature, especially considering the works mentioned in the introduction about the relationship between uni

ción sobre la relación universidad/entorno socioeco-nómico. La metodología se aplicó en la Universidad Nacional de Colombia en su sede de Bogotá (UNC-Bogotá), siguiendo las etapas indicadas en la figura 1.

Resultados y discusión

Para la priorización de los fines (etapa 4) se diseñó un cuestionario que se repartió entre un primer grupo de expertos (directivos universitarias) seleccionados para el estudio (anexo 1). Con el cuestionario cada experto estableció su prioridad entre los fines establecidos mediante comparación pareada de los fines usando la escala propuesta por el autor del AHP. Los expertos tardaron en promedio una semana en responder el cuestionario. Además mostraron mucho interés en conocer la metodología con mayor profundidad y en estar informados sobre los resultados de su aplicación. Para las encuestas que sobrepasaban el valor del 10% de inconsistencia se intentó tratar dicho valor preguntándoles de nuevo a los expertos, quienes las ratificaron. Ante esta situación se decidió continuar con el proceso siempre y cuando la inconsistencia obtenida al agregar las valoraciones de los expertos fuera menor o igual al 10%, teniendo en cuenta los resultados de Xu (2000) y de Escobar et al. (2004).

Con la finalidad de realizar los cálculos del AHP se contó con la ayuda del programa informático ExpertChoice 2000®. En él se introdujeron las respuestas de los cuestionarios individuales, que luego se integraron para conseguir una priorización grupal de los fines de la universidad. Los resultados obtenidos en esta priorización para el conjunto de los expertos se presentan a continuación:

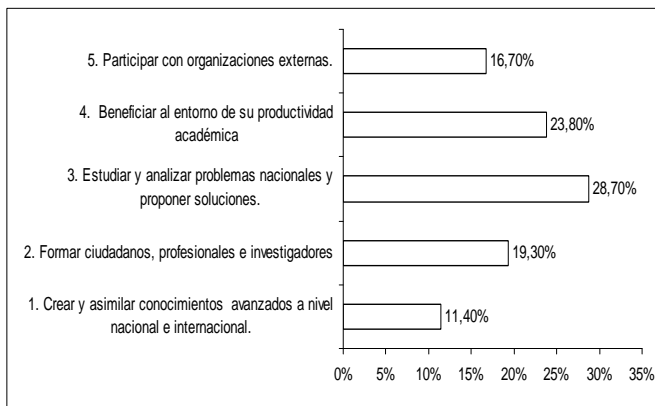


Gráfico 1. Priorización de los objetivos en relación con el entorno socioeconómico (AHP)

Con los datos anteriores se puede verificar que todos los fines no son igualmente importantes. Hay unos que lo son más que otros, según la opinión de los expertos. Por otra parte, los fines 2, 3 y 4 constituyen más del 70% del reparto de esfuerzo; la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá debe estar, pues, orientada en gran medida a la consecución de estos tres fines.

Una vez cuantificado el nivel de importancia de cada fin, por medio de varias sesiones con un segundo grupo de expertos (directivos y profesores de la Facultad de Ingeniería), y teniendo en cuenta la reglamentación de la función de extensión universitaria (acuerdo 11 de 2005), se identificaron diez mecanismos de transferencia de conocimiento fundamentales a considerar

versity and socioeconomic environment. The methodology was applied to the Universidad Nacional de Colombia in Bogotá (UNC-Bogotá), one of the most important Colombian universities, following the steps shown in Figure 1.

Results and Discussion

A questionnaire was designed (see Annex 1) for prioritising the goals (stage 4) and distributed among a first group of experts (university leaders) selected for the study.

The questionnaire led to the experts prioritising the objectives set by using paired comparison of purposes and the scale proposed by Saaty. The experts took one week to answer the questionnaire and showed great interest in knowing the methodology in greater depth and in being informed about the results of its application. The experts were questioned again if surveys exceeded 10% inconsistency. It was decided to continue the process as long as inconsistency remained by adding experts' ratings until achieving less than or equal to 10% inconsistency, taking into account the results of (Xu, 2000) and (Escobar et al., 2004).

ExpertChoice 2000 software was used for calculating AHP. The responses from individual questionnaires were introduced and integrated to obtain a priority group for university purposes.

The results of such prioritisation for all experts were as follows:

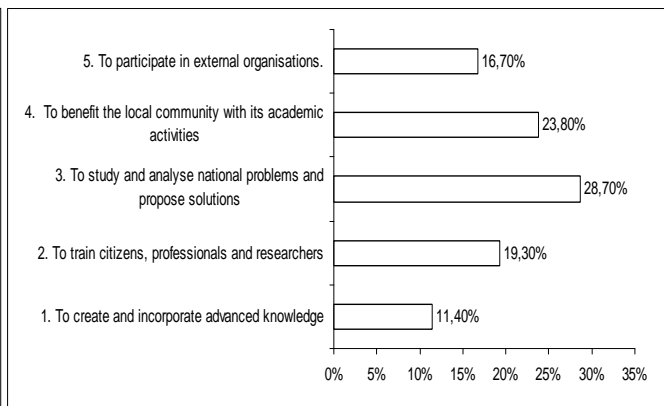


Chart 1. Prioritising objectives regarding the relationship between the university and its socioeconomic environment (AHP)

The above data shows that all purposes were not equally important. Some were more important than others (according to expert opinion). Purposes 2, 3 and 4 constituted over 70% of allocation of effort. UNC-Bogotá should therefore be largely orientated towards achieving these three goals.

Once the level of importance had been quantified for each end through several sessions with a second group of experts (Engineering faculty managers and teachers) and taking into account the university's extension programme regulations (Agreement 11, 2005), the transfer mechanisms identified ten critical areas of knowledge to consider in the relationship be

dentro de la relación de la universidad con su entorno socioeconómico (etapa 5), y se procedió a clasificar los mecanismos de transferencia de conocimiento identificados dentro de cada una de las misiones de la universidad con la colaboración de los expertos (etapa 6). La representación del problema mediante una red se aprecia en la figura 2.

tween the university and its socio-economic environment (stage 5). The knowledge transfer mechanisms identified within each UNC-BOGOTA mission was classify with the experts (stage 6). Figure 2 represents the problem through a network.

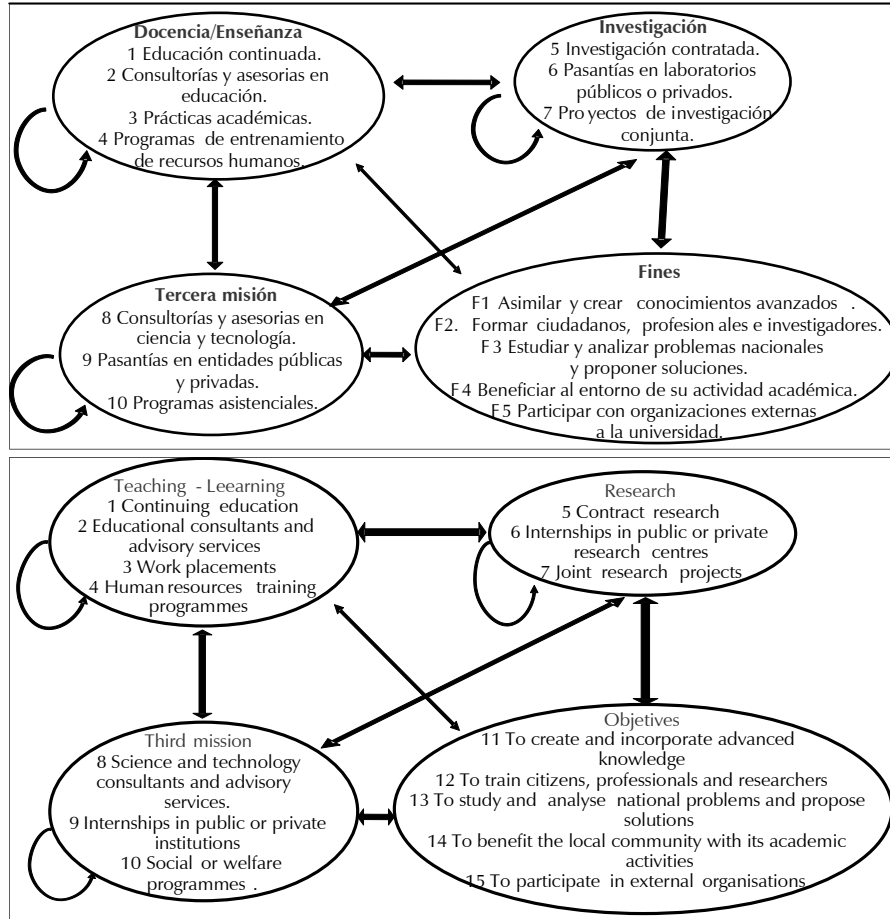


Figura 2 . Mecanismos de transferencia de conocimiento asociados a las misiones

Figure 2. Technology transfer mechanisms linked to the different missions

El modelo en red (ANP) fue evaluado por el segundo grupo de expertos (directivas y profesores de la Facultad de Ingeniería) seleccionados en la etapa 7. Para el caso de estudio, se diseñaron y luego repartieron cuatro cuestionarios, cada uno contenía un total de 228 preguntas (ver anexo 2).

The network model (ANP) was evaluated by the second group of experts (Engineering faculty managers and professors) selected in step 7. Four questionnaires were designed for the case study and then handed out; each questionnaire contained 228 questions (see Annex 2).

Cada experto, según su grado de experiencia y conocimiento, respondió las preguntas relacionadas con uno de los siguientes aspectos: 1) influencias entre los mecanismos de transferencia de conocimiento asociados a la docencia-enseñanza y los fines; 2) influencias entre los mecanismos de transferencia de conocimiento asociados a la investigación y los fines; 3) influencias entre los mecanismos de transferencia de conocimiento asociado a la tercera misión y los fines; 4) influencias entre los mecanismos de transferencia de conocimiento asociados a cada misión (docencia-enseñanza, investigación y tercera misión). Los anteriores aspectos hacen parte del modelo de influencias planteado para el presente estudio (figura 2).

Each expert, according to their degree of experience and knowledge, answered questions related to some of the following: a) influences between knowledge transfer mechanisms associated with the teaching-learning and purposes, b) influences between knowledge transfer mechanisms related to research and purposes, c) influences between knowledge transfer mechanisms associated with the third mission and purposes, d) influences between knowledge transfer mechanisms associated with each mission (teaching and research and third mission). The above aspects form part of the influence model proposed for this study (Figure 2).

Respecto de las encuestas que sobrepasaban el valor del 10% de inconsistencia, se intentó disminuir dicho valor preguntándoles nuevamente a los expertos, quienes ratificaron sus respuestas.

The value for surveys exceeding 10% inconsistency was reduced by asking the experts to confirm their answers. Given this situa

En español

In English

Ante esta situación, y de manera análoga a la etapa de AHP, se decidió continuar con el proceso, siempre y cuando la inconsistencia obtenida al agregar las valoraciones de los expertos fuera menor o igual al 10%.

Los valores consensuados son ingresados en el programa que implementa el método ANP: SuperDecisions®. El programa calcula las siguientes matrices: supermatriz original, supermatriz ponderada, supermatriz límite. De la supermatriz límite (anexo 3) se obtienen las priorizaciones de los fines:

Tabla 1. Priorización de los fines en la relación universidad/entorno socioeconómico.

Fines de la UNC-Bogotá en la relación con su entorno socio-económico	Resultados Alcanzados
1. Asimilar y crear conocimientos avanzados a nivel nacional e internacional.	12,8%
2. Formar ciudadanos, profesionales e investigadores.	23,1%
3. Estudiar y analizar problemas nacionales y proponer soluciones.	23,7%
4. Beneficiar al entorno de su productividad académica.	25,5%
5. Participar con organizaciones externas.	14,9%

En la etapa 4 de la metodología se obtuvo una priorización teórica de los fines. Si se comparan éstos con los fines satisfechos en los mecanismos de transferencia de conocimiento, según la etapa 7, se obtiene el siguiente gráfico:

tion, similar to AHP, it was decided to continue as long as inconsistency obtained by adding the ratings of the various experts was less than or equal to 10%.

The consensus values were entered into a program implementing the ANP method: SuperDecisions. The program computed the following matrices: original supermatrix, weighted supermatrix, limit supermatrix. The objectives were prioritised based on the supermatrix limit (see Annex 3):

Table 1. Prioritising the objectives regarding the relationship between the university and its socioeconomic environment

Objectives directly associated to the relation between the university and its socioeconomic environment	Actual results
1. To create and incorporate advanced knowledge at a national and international level.	12,8%
2. To train citizens, professionals and researchers.	23,1%
3. To study and analyse national problems and propose solutions.	23,7%
4. To benefit the local community with its academic activities	25,5%
5. To participate in external organisations.	14,9%

In stage 4 of the methodology, theoretical prioritisation purposes were obtained. The following graph was obtained when these were compared to the purpose satisfied in the knowledge transfer mechanisms according to stage 7:

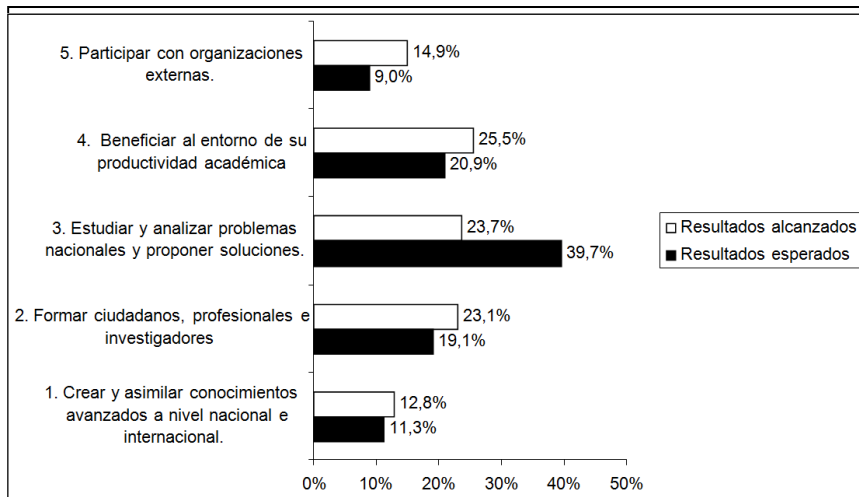


Gráfico 2. Fines. Comparación de los resultados de priorización

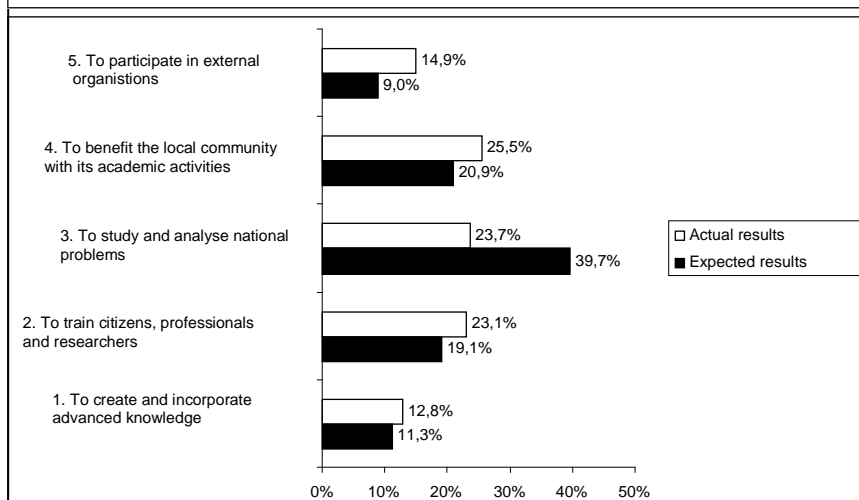


Chart 2. Objectives. Comparing prioritisation results

En español

In English

El análisis del gráfico anterior (etapa 8) se centra en la revisión del cumplimiento de los resultados esperados y en la identificación de las principales diferencias entre los resultados esperados y los alcanzados para cada fin.

Es así como se puede apreciar que, para los fines 1, 2, 4 y 5, se cumple de cierta forma con las expectativas de las directivas universitarias, pero en 3 de los 4 fines el nivel de logro sobrepasa el resultado esperado en varios puntos porcentuales —pp— (fin 5 en 5,9 pp, fin 4 en 4,6 pp, fin 2 en 4 pp y el fin 1 en 1,5 pp). Con respecto al fin 3, "Estudiar y analizar problemas nacionales y proponer soluciones", se aprecia la mayor diferencia entre los resultados esperados y los alcanzados, representada en un nivel de logro muy por debajo de los resultados esperados por las directivas universitarias (16 pp). Las mayores diferencias entre los resultados esperados y los alcanzados están en los fines 3, 5, 4 y 2, respectivamente.

Teniendo en cuenta lo anterior, sólo para el fin 1, "Crear y asimilar conocimientos avanzados a nivel nacional e internacional" se puede apreciar una alineación o concordancia entre los resultados esperados y los alcanzados. Por lo cual se concluye que existe una fuerte desalineación entre los fines esperados y los reales, pues tan sólo está alineado uno de los cinco fines analizados. Este desalineamiento se debe principalmente a la etapa de transición que se está viviendo en las facultades de la universidad. En esta etapa las nuevas iniciativas del equipo de gobierno tienen por objetivo fortalecer y complementar la misión social de la universidad o "Extensión Universitaria", incentivando una mayor contribución directa al desarrollo económico por medio de los mecanismos de transferencia de conocimiento.

Tabla 2. Mecanismos de transferencia de conocimiento de mayor a menor influencia

Misión	Mecanismo de transferencia de conocimiento	%
Investigación	7. Proyectos de investigación conjunta	15,4
Tercera Misión	10. Programas sociales y asistenciales	14,6
Tercera Misión	8. Consultorías y asesorías en ciencia y tecnología	13,7
Investigación	5. Investigación contratada	13,5
Docencia/Enseñanza	2. Consultorías y asesorías en educación	10,7
Docencia/Enseñanza	4. Programas de entrenamiento de recursos humanos	10,5
Docencia/Enseñanza	3. Prácticas académicas	5,8
Tercera Misión	9. Pasantías en entidades públicas y privadas	5,6
Docencia/Enseñanza	1. Educación continuada	5,3
Investigación	6. Pasantías en laboratorios públicos o privados	4,9

Las influencias de los mecanismos de transferencia de conocimiento asociados a cada misión, se pueden ver en la Tabla 2. De la tabla se puede deducir que las mayores influencias provienen de mecanismos de transferencia de conocimiento asociados a la investigación, con un 28,9% (7 y 5); a la tercera misión, con un 28,3% (8 y 10); y a la docencia/enseñanza, con un 21,2% (2 y 4). Las prácticas universitarias (3, 9 y 6), en cada uno de sus ámbitos, muestran menores niveles de influencia. La educación continua (1) mantiene un bajo nivel de influencia en el ámbito de la docencia/enseñanza.

Estos resultados son de importancia frente a la definición de futuras políticas y estrategias para fortalecer los mecanismos de

The previous graph analysis (step 8) focused on reviewing compliance with expected results and identifying the main differences between expected and achieved results for each purpose.

It can thus be seen that purposes 1, 2, 4 and 5 were fulfilled in some way with university managers' expectations but in 3 of the 4 purposes the level of achievement surpassed expected results by several percentage points or pp (purpose 5 by 5.9 pp, purpose 4 by 4.6 pp, purpose 2 by 4pp, and purpose 1 by 1.5 pp). The greatest difference between expected and achieved results is shown concerning purpose 3, "studying and analysing national problems and proposing solutions," representing an achievement level well below university managers' expected results (16 pp). The major differences between expected and achieved results occurred in purpose 3, 5, 4 and 2.

Given the above, an alignment between expected and achieved could only be seen for purpose 1, "creating and assimilating advanced knowledge at national and international level." It was concluded that there was strong misalignment between expected and actual purposes, since only one out of five lined up. Such misalignment was mainly due to the transition that the university's faculties are going through. New initiatives from a government team aim to strengthen and complement the university's social mission or "university extension", encouraging a more direct contribution to economic development through knowledge transfer mechanisms. The influence of knowledge transfer mechanisms associated with each mission can be seen in the following table:

Tabla 2. Technology transfer mechanisms in descending order of influence

Mission	Technology transfer mechanism	%
Research	7. Joint research projects	15.4%
Third	10. Social or welfare programmes	14.6%
Third	8. Science and technology consultants and advisory services	13.7%
Research	5. Contract research	13.5%
Teaching-Learning	2. Educational consultants and advisory services	10.7%
Teaching-Learning	4. Human resources training programmes	10.5%
Teaching-Learning	3. Work placements	5.8%
Third	9. Internships in public or private institutions	5.6%
Teaching-Learning	1. Continuing education	5.3%
Research	6. Internships in public or private research centres	4.9%

The above table shows that the major influences came from knowledge transfer mechanisms compared to research (28.9%, 7 and 5), third mission (28.3%, 8 and 10) and education and teaching (21.2%, 2 and 4). University practice (3, 9 and 6) had lower levels of influence in each area. Continuing education (1) had little influence on the education-teaching field.

These results are of importance in defining future policies and strategies for strengthening transfer knowledge mechanism by

transferencia de conocimiento por parte del equipo de gobierno de la universidad.

Conclusiones

En este artículo se muestra cómo se pueden abordar problemas tan complejos como la medición de la alineación de objetivos estratégicos de una universidad con los resultados alcanzados por sus mecanismos de transferencia de conocimiento con su entorno socioeconómico en una facultad o escuela.

La medición se logró utilizando metodologías basadas en el análisis de decisión multicriterio. Durante el trabajo con los expertos se evidenció que el diseño de una estructura jerárquica (AHP) y otra en red (ANP) requiere experiencia y conocimiento del problema que se plantea, para lo cual es indispensable disponer de información suficiente de los problemas analizados.

Mediante el proceso de análisis jerárquico se ha conseguido priorizar los fines de la universidad y comprobar que no todos los son igualmente importantes. Por medio del proceso de análisis de red se ha logrado priorizarlos basándose en los resultados reales obtenidos en los fines de la universidad, aplicando los mecanismos de transferencia de conocimiento. Al comparar la primera priorización con la segunda se detecta un desalineamiento, comprobándose que para los fines "Estudiar y analizar problemas nacionales y proponer soluciones", "Participar en organizaciones externas", "Beneficiar al entorno de su productividad académica" y "Formar ciudadanos, profesionales e investigadores" las diferencias son muy importantes. Este hecho debería conducir a la universidad y a la Facultad de Ingeniería a aplicar políticas correctivas con el propósito de conseguir los fines teóricos fijados.

Los resultados obtenidos son útiles para la toma de decisiones en políticas universitarias relacionadas con las estrategias de transferencia de conocimiento entre la universidad y su entorno; además cuantifican rasgos del paso de la universidad por una época de transición en la cual se busca la pertinencia de cada una de las actividades asociadas a la interacción de la universidad con su entorno socioeconómico.

El reto de la universidad y sus facultades está en lograr una mayor y mejor contribución al desarrollo social y económico del país mediante los mecanismos de transferencia de conocimiento identificados en la metodología presentada.

ANEXO 1: Parte del cuestionario para establecer pesos entre los objetivos usando AHP

Para cada par de objetivos indicar, resaltando en negro, cuál de los dos considera más importante y cuánto. Cada par de objetivos deben ser comparados, solicitando en qué grado el objetivo O_i es mejor, comparado con el criterio O_j , usando la siguiente escala (escala de Saaty)

$C_{ij} = 1$: considera igualmente importantes el objetivo i y el objetivo j

$C_{ij} = 3$: el objetivo i es considerado ligeramente más importante que el objetivo j

$C_{ij} = 5$: el objetivo i es considerado considerablemente más importante que el objetivo j

$C_{ij} = 7$: el objetivo i es considerado mucho más importante que el objetivo j

the government team at the Universidad Nacional de Colombia.

Conclusions

This article has shown how to address complex problems such as measuring the alignment of a university's strategic objectives with results achieved by knowledge transfer mechanisms and their socio-economic development in a faculty or school.

Multi-criteria decision analysis-based methodologies were used for such measurement. It became clear while working with the experts that designing a hierarchical structure (AHP) and a network (ANP) structure requires experience and knowledge of the problem in question, pertinent information being essential for suitable problem analysis.

Using analytic hierarchy process (AHP) led to prioritising the university's purposes and verifying that not all purposes were equally important. Network analysis process (NAP) enabled them to be prioritised based on actual results achieved for university purposes by applying knowledge transfer mechanisms. Misalignment was detected when comparing the first priority with the second, proving that differences were significant for "studying and analysing national problems and proposing solutions," "participating in external organisations," "benefiting the academic productivity environment," and "educating citizens, professionals and researchers." This should lead to the university and the Engineering faculty implementing corrective policies for achieving the purposes set out in theory.

The results obtained are useful for decision-making in university policies related to strategies concerning knowledge transfer between universities and their environment, as well as for quantifying features of the university passing through a transition period in which the relevance of each activity associated with the interaction between the university and its socio-economic environment is sought.

The challenge facing the university and its faculties is to make a greater and better contribution towards social and economic development through knowledge transfer mechanisms identified in the methodology presented here.

ANNEX 1: Part of the questionnaire for establishing weighting between objectives using AHP

For each pair of objectives, highlight in black which of the two you consider more important and by how much. Each pair of purposes should be compared by asking to what degree objective O_i is better than O_j using the following scale (Saaty scale):

$C_{ij} = 1$: you consider purpose i and purpose j equally important

$C_{ij} = 3$: objective i is considered slightly more important than objective j

$C_{ij} = 5$: objective i is considered significantly more important than objective j

$C_{ij} = 7$: objective i is considered much more important than objective j

En español

In English

Cij = 9: el objetivo I es considerado absolutamente más importante que el objetivo j

O1: Crear y asimilar conocimientos avanzados a nivel nacional e internacional

O2: Formar ciudadanos, profesionales e investigadores

¿Qué objetivo considera usted más importante?	O1	O2			
¿Cuánto?	1	3	5	7	9

ANEXO 2: Parte del cuestionario ANP para medir influencias

Con respecto a "Formar ciudadanos, profesionales e investigadores" para cada par de mecanismos de transferencia de conocimiento indicar, resaltando en negro, cuál de los dos considera usted que es más influyente y cuánto.

Cada par de mecanismos de transferencia de conocimiento deben ser comparados, solicitando en qué grado el mecanismo de transferencia de conocimiento Mi es mejor, comparado con el mecanismo Mj, utilizando la siguiente escala (escala de Saaty)

- Cij = 1: considera igualmente influyentes el mecanismo i y el mecanismo j
- Cij = 3: el mecanismo i es considerado ligeramente más influyente que el mecanismo j
- Cij = 5: el mecanismo i es considerablemente más influyente que el mecanismo j
- Cij = 7: el mecanismo i es considerado más influyente que el mecanismo j
- Cij = 9: el mecanismo i es absolutamente más influyente que el mecanismo j

M1: Formación permanente
M2: Servicios académicos

¿Qué mecanismo considera usted más influyente?	M1	M2			
¿Cuánto?	1	3	5	7	9

ANEXO 3: Supermatriz límite

		Teaching-Learning				Research			Third mission			University's objectives				
		Docencia-Enseñanza				Investigación			Tercera Misión			Fines de la universidad				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	F1	F2	F3	F4	F5
Teaching-Learning	Docencia-Enseñanza	1	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217
		2	0.08556	0.08556	0.08556	0.08556	0.08556	0.08556	0.08556	0.08556	0.08556	0.08556	0.08556	0.08556	0.08556	0.08556
		3	0.04651	0.04651	0.04651	0.04651	0.04651	0.04651	0.04651	0.04651	0.04651	0.04651	0.04651	0.04651	0.04651	0.04651
		4	0.08394	0.08394	0.08394	0.08394	0.08394	0.08394	0.08394	0.08394	0.08394	0.08394	0.08394	0.08394	0.08394	0.08394
Research	Investigación	5	0.10805	0.10805	0.10805	0.10805	0.10805	0.10805	0.10805	0.10805	0.10805	0.10805	0.10805	0.10805	0.10805	0.10805
		6	0.03932	0.03932	0.03932	0.03932	0.03932	0.03932	0.03932	0.03932	0.03932	0.03932	0.03932	0.03932	0.03932	0.03932
		7	0.12354	0.12354	0.12354	0.12354	0.12354	0.12354	0.12354	0.12354	0.12354	0.12354	0.12354	0.12354	0.12354	0.12354
Third mission	Tercera Misión	8	0.10955	0.10955	0.10955	0.10955	0.10955	0.10955	0.10955	0.10955	0.10955	0.10955	0.10955	0.10955	0.10955	0.10955
		9	0.04466	0.04466	0.04466	0.04466	0.04466	0.04466	0.04466	0.04466	0.04466	0.04466	0.04466	0.04466	0.04466	0.04466
		10	0.11670	0.11670	0.11670	0.11670	0.11670	0.11670	0.11670	0.11670	0.11670	0.11670	0.11670	0.11670	0.11670	0.11670
University's objectives	Fines de la universidad	F1	0.02549	0.02549	0.02549	0.02549	0.02549	0.02549	0.02549	0.02549	0.02549	0.02549	0.02549	0.02549	0.02549	0.02549
		F2	0.04618	0.04618	0.04618	0.04618	0.04618	0.04618	0.04618	0.04618	0.04618	0.04618	0.04618	0.04618	0.04618	0.04618
		F3	0.04738	0.04738	0.04738	0.04738	0.04738	0.04738	0.04738	0.04738	0.04738	0.04738	0.04738	0.04738	0.04738	0.04738
		F4	0.05107	0.05107	0.05107	0.05107	0.05107	0.05107	0.05107	0.05107	0.05107	0.05107	0.05107	0.05107	0.05107	0.05107
		F5	0.02988	0.02988	0.02988	0.02988	0.02988	0.02988	0.02988	0.02988	0.02988	0.02988	0.02988	0.02988	0.02988	0.02988

c_{ij} = 9: objective I is considered absolutely more important than objective j

O1: creating and assimilating advanced knowledge at national and international levels

O2: educating citizens, professionals and researchers

Which goal do you consider more important?	O1	O2			
By how much more?	1	2	5	7	9

Annex 2: Part of the ANP questionnaire for measuring influence

Regarding, "Educating citizens, professionals and researchers," for each pair of knowledge transfer mechanisms, highlight in black which one you think is more influential and how much.

Each pair of knowledge transfer mechanisms should be compared, asking to what degree knowledge transfer mechanism Mi is better than Mj using the following scale (Saaty scale)

- Cij = 1: you consider mechanism i and j equally influential
- Cij = 3: mechanism i is considered slightly more influential than mechanism j
- Cij = 5: mechanism i is considerably more influential than mechanism j
- Cij = 7: mechanism i is considered more influential than mechanism j
- Cij = 9: mechanism i is absolutely more influential than mechanism j

M1: Continuing education
M2: Academic services

Which mechanism do you consider more influential?	M1	M2			
By how much more?	1	2	5	7	9

Referencias / References

- Agarwal, A., Shankar, R., Tiwari, M. K., Modeling the metrics of lean, agile and leagile supply chain: An ANP-based approach., *European Journal of Operational Research*, 173 (1), 2006, pp. 211-225.
- Aragonés-Beltrán, P., Aznar, J., Ferrís-Oñate, J., García-Melón, M., Valuation of urban industrial land: An analytic network process approach., *European Journal of Operational Research*, 185, 2008, pp. 322-339.
- Barba-Romero, S., Pomerol, J.C., *Decisiones Multicriterio., Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica.*, (1 ed.) Servicios de Publicaciones Universidad de Alcalá, 1997.
- Belton V., Stewart T.J., *Multi Criteria Decision Analysis: an integrated approach.*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2002.
- Bouyssou, D., Marchant, T., Pirlot, M., Perny, P., Tsoukias, A., Vincke, P., *Evaluation and Decision Models: A Critical Perspective.*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2000.
- Bozeman, B., Technology transfer and public policy: a review of research and theory., *Research Policy* 29, 2000, pp. 627-655.
- Bramwell, A., Wolfe, D. A., Universities and regional economic development: The entrepreneurial University of Waterloo., *Research Policy* 37, 2008, pp. 1175-1187.
- Chung, S., Lee, A.H.I., Pearn, W.L., Analytic network process (ANP) approach for product mix planning in semiconductor Fabricator International., *Journal of Production Economics* 96, 2005, pp. 15-36.
- Cortés-Aldana, F.A., García-Melón, M., Fernández-de-Lucio, I., Aragonés-Beltrán, P., Poveda-Bautista, R., University objectives and socioeconomic results: A multicriteria measuring of alignment., *European Journal of Operational Research*, 199, 2009, pp. 811-812.
- D'Este, P., Patel P., University-industry linkages in the UK: What are the factors underlying the variety of interactions with industry?, *36*, 2007, pp.1295-1313.
- Escobar, M.T., Aguarón, J., Moreno-Jiménez J.M.; A note on AHP group consistency for the row geometric mean prioritization procedure., *European Journal of Operational Research* 153, 2004, pp. 318-322.
- Figueira J., Greco S., Ehrgott M., *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys.*, Springer, New York, 2005.
- Geuna, A., Nesta L., University patenting and its effects on academic research: The emerging European evidence., *Research Policy* 35, 2006, pp. 790-807 .
- Haktanirlar, B., Determination of the appropriate energy policy for Turkey, *Energy* 30, 2005, pp. 1146-1161.
- Lee, J., Win, H.N., Technology transfer between university research centers and industry in Singapore., *Technovation* 24, 2004, pp.433-442.
- Meyer-Krahmer, F., Schmoch, U., Science-based Technologies: university-industry interactions in four fields., *Research Policy* 27, 1998, pp. 835-851.
- Ravi, V., Shankar, R., Tiwari, M. K., Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach., *Computers & Industrial Engineering* 48, 2005, pp. 327-356.
- Saaty, T.L., *The Analytic Hierarchy Process.*, McGraw-Hill, New York, NY, 1980.
- Saaty T.L., *Fundamentals of decision making and priority theory with the AHP.*, RWS Publications, Pittsburg, 1994.
- Saaty, T.L., *Toma de decisiones para líderes*; Pittsburgh: University of Pittsburg, 1996.
- Saaty, T.L., *The Analytic Network Process; Decision Making with Dependence and Feedback* (2 ed.), Pittsburg: RWS Publications, 2001.
- Xu, Z., On consistency of the weighted geometric mean complex judgement matrix in AHP., *European Journal of Operational Research* 126, 2000, pp. 683-687.
- Yüksel, I., Dagdeviren, M., Using the analytic network process (ANP) in a SWOT analysis – A case study for a textile firm., *Information Sciences*, 177, 2007, pp. 3364-3382.