

AUTOEVALUACIÓN INSTITUCIONAL EN LOS SISTEMAS DE EDUCACIÓN SUPERIOR, UN ANÁLISIS A PARTIR DE LA APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS HÍBRIDOS AHP Y TOPSIS

INSTITUTIONAL SELF-ASSESSMENT IN HIGHER EDUCATION SYSTEMS, AN ANALYSIS BASED ON THE APPLICATION OF HYBRID INSTRUMENTS AHP AND TOPSIS

**Carlos Márquez de la Plata Montiel¹, Amada Albiño Ortega², Luis
Gonzaga Sarmiento³**

cvmarquez@uteq.edu.ec, amadalbino1976@gmail.com, luis.gonzagas@ug.edu.ec

¹ Facultad Ciencias de la Ingeniería, Universidad Técnica Estatal Quevedo, Quevedo,120302, Los Ríos,
Ecuador.

² Unidad de Admisión y Registro, Universidad Técnica Estatal Quevedo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

³ Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Guayas, Ecuador.

Recibido 08/07/2018; Aceptado: 30/11/2018

Resumen: La problemática que rige de manera integral el sistema de educación superior (SES) genera inquietud con respecto a su calidad, excelencia académica y pertinencia. El análisis de decisión multicriterio es una herramienta que ofrece un marco de decisión cuyo objetivo es elegir entre alternativas basadas en múltiples criterios y saber cuál es el óptimo. El objetivo de este trabajo es evaluar el impacto producido por variables cualitativas y cuantitativas sobre la calidad educativa del SES, para proponer un plan estratégico de gestión integrada. La metodología Multi-Attribute Utility se utilizó con la herramienta de Analytic Hierarchy Process (AHP) y además con la herramienta Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal

Solution (TOPSIS), ambas herramientas son instrumentos de apoyo en la toma de decisiones.

Palabras-clave: Modelo de Autoevaluación; AHP; TOPSIS; Sistema de Educación Superior, Modelos de decisión Multicriterio.

Abstract: The problems that govern the higher education system (HES) in an integral manner generate concern with respect to its quality, academic excellence and pertinence. Multicriteria decision analysis is a tool that offers a decision framework whose objective is to choose between alternatives based on multiple criteria and to know which is the optimal one. The objective of this work is to evaluate the impact produced by qualitative and quantitative variables on the educational quality of the HES, in order to propose an integrated management strategic plan. The Multi-Attribute Utility methodology was used with the Analytic Hierarchy Process (AHP) tool and also with the Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution (TOPSIS) tool, both of which are decision support tools.

Keywords: Self-Assessment Model; AHP; TOPSIS; Higher Education System, Multicriteria Decision Models.

1. Introducción

La Autoevaluación es un riguroso proceso de análisis crítico, reflexivo y participativo que una institución realiza sobre la totalidad de sus actividades institucionales o de una carrera, programa o postgrado específico, con amplia participación de sus integrantes, en donde se identifican sus fortalezas y debilidades con el objeto de definir acciones de mejoramiento continuo y de esta forma, superar los obstáculos existentes y considerar los logros alcanzados, para mejorar la eficiencia institucional y calidad académica (Concejo de Educación Superior, 2016).

En el modelo de autoevaluación, se exponen los elementos básicos que definen el proceso de evaluación universitario partiendo de la concepción que el mismo se enmarca en la búsqueda de la calidad de la educación superior. En ese sentido para el sistema de educación superior ecuatoriano la calidad se constituye en un principio que consiste en la búsqueda constante y sistemática de la excelencia, la pertinencia, producción óptima, transmisión del conocimiento y desarrollo del pensamiento mediante la autocrítica, la crítica externa y el mejoramiento permanente.

Se entiende a la calidad de las universidades y escuelas politécnicas como el grado en el que, de conformidad con su misión, enmarcada en los fines y funciones del sistema de educación superior ecuatoriano, alcanzan los objetivos de docencia, investigación y vinculación con la sociedad, a través de la ejecución de procesos que observan los principios del sistema y buscan el mejoramiento permanente.

Debe tenerse en cuenta que en la mayoría de las decisiones se definen en un entorno complejo e incierto. El entorno complejo se produce cuando tiene que considerar

varios criterios y, a menudo, en conflictos entre sí, por lo que debe considerar tomar una decisión racional y coherente que le permita utilizar un método apropiado y obtener una solución adecuada. Las decisiones decisivas generalmente están vinculadas a juicios personales por parte del responsable de la toma de decisiones porque no pueden definir con precisión sus preferencias sobre criterios que son en sí mismos el problema de decisión, lo que aumenta la complejidad y la dificultad del problema. Cada uno de estos criterios considera aspectos amplios de la calidad, y están relacionados con las funciones sustantivas de las universidades y escuelas politécnicas, así como con los procesos, condiciones y recursos que permiten la ejecución adecuada de las mismas.

La dificultad de resolver problemas complejos y reales de toma de decisiones ha llevado recientemente al desarrollo de mejores herramientas de apoyo a la toma de decisiones para hacer frente a dificultades cada vez más complejas. Las herramientas para abordar estos problemas deberían poder considerar algunos de los problemas básicos que surgen en problemas reales, como la presencia de múltiples objetivos conflictivos, así como la inexactitud en las tareas (A generic multi-attribute analysis system, 2006). La construcción de una función de utilidad de atributos múltiples es un paso importante en el análisis de las decisiones. Cuando cada atributo es independiente de su complemento, la tarea de obtener utilidad se simplifica significativamente porque la función funcional de la función de utilidad solo requiere una función de utilidad condicional para cada atributo y algunas constantes de normalización (Utility Copula Functions Matching All Boundary Assessments, 2013). Un desafío importante en el análisis de decisiones de múltiples atributos es la elección de una forma funcional apropiada para la función de utilidad (Multiattribute Utility Satisfying a Preference for Combining Good with Bad, 2009).

La mayoría de los problemas de toma de decisiones se pueden considerar como problemas de toma de decisiones de múltiples atributos, las herramientas metodológicas de utilidad multiatributo a considerar en el presente estudio son: Analytic Hierarchy Process (AHP) (Pengenalan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process), 2010), y el método llamado Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution (TOPSIS) (Integration of AHP-TOPSIS method for prioritizing the solutions of reverse logistics adoption to overcome its barriers under fuzzy environment, 2015).

El instrumento TOPSIS, es un sistema de soporte genérico basado en un modelo de utilidad multiatributo que busca disipar muchas de las complicaciones operacionales involucradas en el proceso de toma de decisiones multicriterio. El sistema de información de incertidumbre sobre las consecuencias alternativas y sobre la información incompleta sobre las preferencias de los tomadores de decisiones, lo que lleva a las clases de utilidad de utilidad e intervalos de ponderación (Investigation of feasibility study of solar farms deployment using hybrid AHP-TOPSIS analysis: Case study of India, 2017).

La siguiente herramienta que se utilizará para determinar el concepto de diseño más apropiado es el Proceso analítico de jerarquía. AHP se ha empleado en casi todas las aplicaciones relacionadas con problemas de toma de decisiones (Use of analytical hierarchy process (ahp) for selecting the best design concept, 2008). Los modelos que respaldan esta decisión significarán un problema de factores múltiples o múltiples criterios complejos en una jerarquía, la jerarquía se define como una representación de un problema complejo en una estructura de niveles múltiples en la que el primer nivel es el objetivo, que fue seguido por el nivel de factores, criterios, subcriterios, etc. hasta el último nivel de la alternativa (Pengenalan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process), 2010).

Estos modelos se prueban y los resultados se discuten. En la literatura, hay algunos enfoques para los modelos AHP y TOPSIS (Investigation of feasibility study of solar farms deployment using hybrid AHP-TOPSIS analysis: Case study of India, 2017), (Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique, 2013), (Application of SAW, TOPSIS and fuzzy TOPSIS models in cultivation priority planning for maize, rapeseed and soybean crops, 2018). Sin embargo, no encontramos una comparación de los enfoques de AHP con otro sistema basado en expertos como TOPSIS y que trate sobre el tema específico de autoevaluación institucional de la Educación Superior. Esta contribución proporciona originalidad a este estudio.

La principal ventaja del sistema TOPSIS es debido a la simplicidad de su formulación matemática, facilidad de cálculo y su capacidad de proporcionar una medida del rendimiento relativo de las alternativas entre sí, la matriz de decisión se construye enumerando las alternativas a lo largo de los encabezados y atributos de las filas, a lo largo de los encabezados de las columnas y asignando puntajes a cada alternativa para cada atributo. Los pesos asignados a los atributos se pueden asignar o calcular utilizando modelos matemáticos. El concepto TOPSIS se basa en la premisa de que la alternativa seleccionada es la más cercana a la mejor solución ideal y la más lejana de la solución ideal negativa (Decision-making in irrigation networks: Selecting appropriate canal structures using multi-attribute decision analysis, 2017).

A lo largo del documento, los datos provistos por la autoevaluación institucional de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) serán utilizados en los sistemas AHP y TOPSIS para evaluar estrategias de intervención como indicador para mejorar la efectividad institucional y alcanzar la excelencia académica. Primero, se da una descripción del escenario del problema. A continuación, el problema se analiza paso a paso, correspondiente a los pasos en los que se puede dividir la metodología del análisis de decisión completo (DA), es decir, estructurar el problema (que incluye construir una jerarquía de objetivos y especificar objetivos y atributos para estrategias); identificar estrategias factibles, su impacto e incertidumbre (si es necesario); las preferencias de cuantificación (que incluyen la evaluación de las funciones de utilidad así como las compensaciones de valor); y evaluación de estrategias de intervención. Estas secciones presentarán conceptos teóricos relacionados con DA, así como un marco de apoyo a las decisiones efectivo, eficiente y sistemático que pueda ayudar a los planificadores para mejorar la calidad educativa de la UTEQ. Finalmente, se proporcionan algunas conclusiones (Investigation of feasibility study of solar farms deployment using hybrid AHP-TOPSIS analysis: Case study of India, 2017).

2. Estructuración de problemas

Básicamente, el estudio de este artículo se centra en la autoevaluación de cuatro carreras de la (FCA) de la UTEQ, en base al modelo de evaluación de 26 universidades categoría "E", estas instituciones fueron evaluadas por el Consejo de Evaluación, Acreditación, y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CEAACES) en 2012, una entidad que asume una serie de competencias adicionales que incluyen evaluación, acreditación y categorización institucional y profesional. La concepción del modelo de autoevaluación a analizar en este artículo, parte de una búsqueda del concepto de calidad en relación con las competencias generales y específicas de la UTEQ, que a partir de esta definición muestra que, dado que la calidad es un concepto amplio y complejo, es necesario determinar los aspectos más específicos que permitan concretizar la definición. Estos aspectos son atributos de

calidad que se relacionan principalmente con las funciones, procesos y recursos de la Institución (criterios) (Guillaume Long, 2013).

La estructura del modelo de autoevaluación se organiza en torno a cuatro criterios de evaluación que se consideran de calidad integral, y están relacionados con las funciones sustantivas de las universidades y las escuelas politécnicas, así como con los procesos, condiciones y recursos que permiten la implementación de las mismas (CEAACES, 2015).

Se deduce que la estructura general del modelo de evaluación (Figura 1), se organiza según los siguientes criterios:

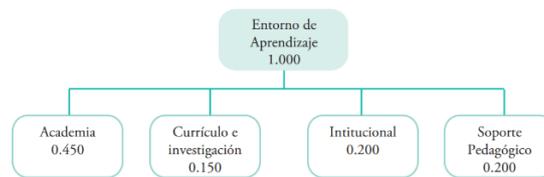


Figura 1 Árbol de análisis de entorno del aprendizaje.

Academia Universitaria

Alude a las condiciones fundamentales para el ejercicio de una docencia universitaria de calidad, tomando en cuenta que la comunidad docente universitaria debe constituirse en una verdadera comunidad científica, profesional y artística, con autoridad, reconocimiento, legitimidad, dedicación y debida protección en su medio (CEAACES, 2015).

Currículo e Investigación

Permite establecer el nivel que las universidades y escuelas politécnicas del Sistema de Educación Superior han alcanzado en la generación de nuevo conocimiento a través de la investigación científica, la cual constituye una de sus principales propiedades. De la misma manera, este criterio permite establecer los niveles de impacto de las publicaciones que sus investigaciones han logrado (CEAACES, 2015).

Gestión y Política Institucional

La IES dispone de políticas que se aplican para el aseguramiento de la calidad interno de manera articulada con el sistema de aseguramiento de la calidad del sistema de educación superior, las cuales se aplican a través de un sistema de gestión de la calidad, que comprende la evaluación y el seguimiento para la mejora continua, cuyos procesos están adecuadamente implementados e integrados a los procedimientos institucionales y administrativos, respaldados en una plataforma informática que entrega información actualizada, confiable y pertinente de los procesos sustantivos de la institución (CEAACES, 2015).

Soporte pedagógico

Permite abordar las condiciones que ofrecen las Instituciones de Educación Superior para la realización del trabajo académico. Este criterio está focalizado en la funcionalidad y características de las instalaciones y facilidades de los espacios pedagógicos considerados como esenciales para a los docentes y estudiantes en el desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje (CEAACES, 2015).

En un segundo nivel, la estructura del modelo de evaluación considera subcriterios que abordan aspectos conceptuales más específicos y atributos de los criterios; los subcriterios son susceptibles de ser medidos a través de indicadores de evaluación. Los indicadores de evaluación están concebidos de manera que representan atributos específicos que son susceptibles de ser evaluados en términos de los estándares de evaluación que representan las cualidades deseables en las características de los procesos, la organización, la disponibilidad de recursos, y los resultados obtenidos. Para hacer frente a esta situación compleja, el modelado de AHP tiene la clara ventaja de que descompone un problema de decisión en sus partes constituyentes y construye jerarquías de criterios. Permitiendo a los evaluadores capturar medidas de evaluación objetiva y subjetiva de la calidad de las carreras. Al proporcionar un mecanismo útil para evaluar la consistencia de las medidas y alternativas de evaluación, el AHP reduce el sesgo en la toma de decisiones (An analytic hierarchy process for school quality and inspection: Model development and application, 2016). Comenzamos a construir la jerarquía abordando los objetivos que representan las preocupaciones generales de los DM.

Tabla 1 Ponderaciones del criterio Academia.

Sub Criterio	Peso	Sub sub Criterio	Peso	Atributos	Tipo	Factor	Peso del atributo
Calidad docente	0,6	Dedicación	0,4	Carga horaria tiempo completo	Cuantitativa	0,211	0,02279
				Carga horaria tiempo parcial	Cuantitativa	0,122	0,01318
				Disponibilidad	Cuantitativa	0,244	0,02635
				Docentes tiempo completo	Cuantitativa	0,423	0,04568
		Formación	0,25	Docentes con maestría	Cuantitativa	0,600	0,04050
				Docentes con Postgrado	Cuantitativa	0,400	0,02700
		Pertinencia	0,35	Cobertura carreras	Cuantitativa	0,600	0,05670
				Especialización docente	Cuantitativa	0,400	0,03780
Carrera Docente	0,4	Contratación	0,3	Escalafón	Cualitativo	0,400	0,0216
				Selección	Cuantitativo	0,600	0,0324
		Derechos Docentes	0,4	Actualización	Cuantitativo	0,200	0,0144
				Cogobierno	Cualitativo	0,300	0,0216
				Género dirección	Cuantitativo	0,150	0,0108
				Género docencia	Cuantitativo	0,150	0,0108
				Promoción docente	Cuantitativo	0,200	0,0144
		Remuneración	0,3	Remuneración tiempo completo	Cuantitativo	0,700	0,0378
				Remuneración tiempo parcial	Cuantitativo	0,300	0,0162

2.1. Criterio Academia Universitaria

El criterio Academia Universitaria (

Tabla 1), parte de la idea, según la cual la calidad de la enseñanza impartida en las IES está relacionada con la formación académica de los docentes, su tiempo de dedicación, su institucionalización, los derechos de los docentes y condiciones de vinculación con la universidad (Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad, 2012). Este criterio tiene dos sub-criterios: Calidad Docente y Carrera Docente.

El subcriterio Calidad Docente a su vez tiene tres sub- subcriterios: Dedicación Docente, Formación Docente y Pertinencia docente.

2.2. Currículo e Investigación

Comprende la retícula de elementos y relaciones que enmarcan el proceso formativo e investigativo, así como los resultados de este último. La estructuración curricular básica (macro, meso y microcurrículo) expresa uno de los niveles básicos de la organización académica y de los aprendizajes a efectos de establecer el grado de maduración y formalización académica de la enseñanza-aprendizaje (Guillaume Long, 2013). En la Tabla 2 se presenta la ponderación de “Currículo e Investigación” con sus respectivos subcriterios e indicadores.

Tabla 2 Ponderación del criterio Currículo e Investigación

Sub Criterio	Peso	Sub sub Criterio	Peso	Atributos	Tipo	Factor	Peso del atributo
Currículo	0,4	Macro currículo	0,4	Existencia Macro currículo	Cualitativa	0,6	0,014400
				Perfil de egreso	Cualitativa	0,4	0,009600
		Meso currículo	0,3	Meso currículo	Cualitativa	1.0	0,018000
		Micro currículo	0,3	Sílabos	Cualitativa	1.0	0,018000
Investigación	0,6			Fondo de Investigación	Cuantitativa	0,1	0,018000
				investigadores	Cuantitativa	0,2	0,018000
				Proyectos Investigación	Cuantitativa	0,2	0,018000
		Publicación artículos	0,25	Art_Index	Cuantitativa	0,9	0,012150
				Art_noIndex	Cuantitativa	0,1	0,001350
		Publicación de libros	0,25	Libros_Rev	Cuantitativa	0,6	0,013500
Libros_noRev	Cuantitativa			0,4	0,009000		

2.3. Gestión y Política Institucional

Siendo la educación superior un derecho y un bien público, es necesario medir el desempeño organizativo de las universidades en relación con su misión y su entorno. Su desagregación se presenta en la

Tabla 3.

Tabla 3 ponderación del criterio Institucional

Sub Criterio	Peso	Atributos	Tipo	Factor	Peso del atributo
Gestión	0,6	Eficiencia Administrativa	Cuantitativa	0,3	0,036
		Patrimonio/ estudiante	Cuantitativa	0,5	0,060
		Transparencia	Cualitativa	0,2	0,024
Política Institucional	0,4	Acción Afirmativa	Cualitativa	0,4	0,032
		Seguimiento a Graduados	Cualitativa	0,3	0,024
		Vinculación	Cuantitativa	0,3	0,024

2.4. Soporte pedagógico

Este criterio trata de las condiciones y facilidades que existen en una universidad para un desempeño docente y un proceso de aprendizaje apropiado. Incluye factores físicos como equipamiento, aulas y espacios para el docente, así como elementos socioeconómicos (bienestar estudiantil) que se resumen en la Tabla 4.

La estructuración del problema finaliza con la identificación de las acciones alternativas. En este caso son las diferentes Carreras con que cuenta la FCA de la UTEQ que corresponden a las alternativas a ser evaluadas, que la identificaremos con las variables S1, S2, S3 y S4.

- S1 Carrera Eco. Agrícola
- S2 Carrera Ing. Agroindustrial
- S3 Carrera Ing. De Adm. Emp. Agr.
- S4 Carrera Ing. Horti Fruticultura

Tabla 4 Ponderación del criterio Soporte Pedagógico

AUTOEVALUACIÓN INSTITUCIONAL EN LOS SISTEMAS DE EDUCACIÓN SUPERIOR,
UN ANÁLISIS A PARTIR DE LA APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS HÍBRIDOS AHP Y
TOPSIS

RIIYM – ISSN 2525-0396 – VOLUMEN ¿? – NÚMERO ¿?

Sub Criterio	Peso	Sub sub Criterio	Peso	Atributos	Tipo	Factor	Peso del atributo
Bienestar	0,1			Accesibilidad	Cualitativo	0,333	0,007
				Espacios Bienestar	Cualitativo	0,667	0,013
Equipamiento	0,3	Biblioteca	0,6	Acervo	Cuantitativo	0,400	0,014
				Bibl. Virtual	Cualitativo	0,150	0,005
				Espacio	Cuantitativo	0,300	0,011
				Registro Bibli.	Cualitativo	0,150	0,005
		Laboratorios	0,4	Funcionalidad	Cualitativo	0,400	0,010
				Suficiencia	Cualitativo	0,600	0,014
Facilidades Docencia	0,3	Aulas	0,5	Funcionalidad Aulas	Cualitativo	0,500	0,015
				Suficiencia Aulas	Cuantitativo	0,500	0,015
		Espacios Docentes	0,5	Oficina TC	Cuantitativo	0,750	0,023
				Oficinas TP	Cuantitativo	0,250	0,008
				Patrimonio/carrera	Cuantitativo	0,300	0,060

De la misma manera se asignarán nombres de variables a los atributos identificados en el modelo de evaluación que en total suman cuarenta y cinco atributos, por lo que se les asignaran las variables desde X 1 hasta la X45; por lo que en adelante nos referiremos a estas variables para identificar a los atributos, las mismas que se resumen en la

, tenga en cuenta que X 1, ..., X45 son naturales en el sentido de que están directamente relacionados con sus objetivos asociados.

Tabla 5 Asignación de variables para los atributos

Items	Nombre del atributo	Items	Nombre del atributo	Items	Nombre del atributo
-------	---------------------	-------	---------------------	-------	---------------------

X1	Carga Horaria TC	X16	Remuneración TC	X31	Seguimientos Graduados	a
X2	Carga Horaria TP	X17	Remuneración TP	X32	Vinculación	
X3	Disponibilidad	X18	Existencia Macro currículo	X33	Accesibilidad	
X4	Docentes TC	X19	Perfil de egreso	X34	Espacios bienestar	
X5	Docentes MS	X20	Meso currículo	X35	Acervo	
6	Docentes PHD	X21	Sílabos	X36	Bibli. Virtuales	
X7	Cobertura carrera	X22	Fondos Investigación	X37	Espacio	
X8	Especialización	X23	Investigadores	X38	Registro Bibl	
X9	Escalafón	X24	Proyectos investigación	X39	Funcionalidad	
X10	Selección	X25	Publicaciones artículos	X40	Suficiencia	
X11	Actualización	X26	Publicaciones libros	X41	Funcionalidad Aulas	
X12	Cogobierno	X27	Eficiencia Administrativa	X42	Suficiencia Aulas	
X13	Género Dirección	X28	Patrimonio/estudiante	X43	Oficinas TC	
X14	Género Docencia	X29	Transparencia	X44	Oficinas TP	
X15	Promoción Docentes	X30	Acción Afirmativa	X45	Patrimonio/carrera	

2.5. Cuantificación de las preferencias del decisor

El modelo de evaluación del CEAACES se enmarca en la Ley Orgánica de Educación Superior (LOES), su reglamento, así como leyes y reglamentos conexos, en los cuales determina los procesos a realizar esto es la Autoevaluación, la Evaluación Externa y la Acreditación. El Modelo de Evaluación Institucional del CEAACES, orienta la autoevaluación con fines de acreditación institucional de las universidades y escuelas politécnicas que conforman el Sistema de Educación Superior.

La UTEQ, realizará el proceso de Autoevaluación en base a las evidencias solicitadas y enviadas al CEAACES en las carreras de la FCA, análisis del presente estudio, a través de un riguroso y sistemático examen sobre la totalidad de sus actividades, con amplia participación de sus integrantes, a través de un análisis crítico y un diálogo reflexivo, y que tiene como propósito superar los obstáculos existentes y destacar los logros alcanzados.

El proceso de recopilación de la información se la realizó en base a las disposiciones emanadas por el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador (SNIESE), quien mediante la difusión de un “Manual de Usuario Levantamiento de Datos (2011 y 2012) de Universidades y Escuelas Politécnicas” (Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador, SNIESE, 2013) capacitó a dos funcionarios de la UTEQ, los mismos que replicaron todo el proceso a los involucrados en reportar la información institucional.

Habiéndose procedido a identificar a los responsables de proporcionar la información solicitada por el SNIESE, se capacitó y asesoró en forma directa al personal involucrado siendo supervisado por los funcionarios del Departamento de

Planificación y los miembros de la Comisión de Evaluación Interna, para cumplir con el cronograma proporcionado por el SNIESE.

Toda la información recopilada fue enviada al SNIESE por intermedio de la plataforma informática de este organismo dentro de los plazos previstos, quienes la validaron, habiendo el Sr. Rector, en calidad de primera autoridad ejecutiva de la UTEQ, certificado que los datos suministrados son verídicos, completos, verificables y que corresponde a datos oficiales de la institución.

Para la cuantificación de las utilidades, la comisión externa de evaluadores de las IES posee la función de utilidad para cada atributo descritas anteriormente y que están representadas en la columna Función de Utilidad de la Tabla 6, estas funciones de utilidad pueden ser lineal a trozos (proporcionando hasta tres valores dentro del rango del atributo con sus correspondientes utilidades), asignando utilidades para valores discretos del atributo; también proporciona escalas subjetivas en la que los valores se traducen a utilidades con valores comprendidos entre 0 (peor valor) y 1 (mejor valor).

Con la carga de los pesos, las utilidades, alternativas y atributos junto a sus objetivos de mayor nivel, se procedió a analizar los resultados propuestos con AHP y TOPSIS.

Tabla 6 Valoración Atributo / Alternativa, para unos cuantos atributos

	Valoración de los atributos por alternativas				Valoración de atributos correspondiente a la función de utilidad			
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
X ₁	18,18	20,00	16,56	13,40	0,96	0,50	1,00	1,00
X ₂	11,00	11,54	9,50	13,50	1,00	1,00	1,00	0,60
X ₃	8,55	18,53	19,11	9,80	0,68	0,80	0,79	0,78
X ₄	91,67	56,67	69,23	71,43	1,00	1,00	1,00	1,00
X ₅	75,00	56,67	76,92	57,14	1,00	0,94	1,00	0,95
X ₆	2,00	2,00	1,00	0,00	0,40	0,40	0,20	0,00
X ₇	11,00	17,00	9,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00
X ₈	55,56	47,06	50,00	25,00	0,56	0,47	0,50	0,25
X ₉	2,00	2,00	2,00	2,00	0,50	0,50	0,50	0,50
X ₁₀	58,33	40,00	46,15	57,14	0,58	0,40	0,46	0,57
X ₁₁	25,00	3,33	23,08	42,86	1,00	0,33	1,00	1,00
X ₁₂	3,00	3,00	3,00	3,00	0,67	0,67	0,67	0,67
X ₁₃	100,00	0,00	25,00	0,00	1,00	0,00	0,50	0,00
X ₁₄	33,33	6,67	23,08	0,00	0,57	0,00	0,26	0,00

3. Resultado y discusión

3.1. Evaluación de alternativas metodología AHP.

AHP es una técnica de medición relativa para el criterio cualitativo e intangible propuesto por Saaty (TL., 1980). Es una técnica matemática que también se conoce como dispositivo de análisis de decisión. Es una herramienta para la toma de decisiones multi-criterio que estructura los problemas complejos en un orden

jerárquico, simplificando la evaluación de todos los criterios relevantes en la toma de decisiones (An AHP (Analytic Hierarchy Process)/ANP (Analytic Network Process)-based multi-criteria decision approach for the selection of solar-thermal power plant investment projects, 2014).

La técnica AHP ha sido seleccionada como la primera herramienta para la presente investigación debido a que se requiere calcular el peso de los atributos y usarla como dato en la metodología TOPSIS, pero además por sus varias características atractivas tales como las siguientes (Integration of AHP-TOPSIS method for prioritizing the solutions of reverse logistics adoption to overcome its barriers under fuzzy environment, 2015):

- Asiste en el manejo de problemas complejos, no estructurados y de múltiples atributos.
- Facilita a los responsables de la toma de decisiones analizar problemas relevantes para segmentarlos en subsistemas más simples y asequibles.
- Es igualmente aplicable en datos cuantitativos y cualitativos.
- Utiliza una estructura jerárquica para presentar un problema de decisión complicado.
- Su solución se puede obtener usando una hoja de cálculo, en el presente estudio se utilizará la aplicación R que es ampliamente utilizado para aplicaciones de ingeniería, y constituye una excelente plataforma para implementar la aplicación del análisis.
- Nos da la provisión de medir la consistencia del procedimiento de evaluación.

La metodología de AHP se basa en comparaciones de uno a uno relacionadas con una jerarquía de decisiones que usa una escala de comparación predefinida ya sea con factores que afectan las decisiones o con la importancia de estos factores en los puntos de decisión (Rank B2C e-commerce websites in e-alliance based on AHP and fuzzy TOPSIS, 2011).

$$A = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_1 \\ C_1 \\ \dots \\ C_1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & A_{12} & A_{13} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & 1 & A_{23} & \dots & A_{2n} \\ A_{31} & A_{32} & 1 & \dots & A_{3n} \\ A_{.} & A_{.} & A_{.} & 1 & A_{.} \\ A_{n1} & A_{n2} & A_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Figura 2 Matriz de comparaciones pareadas

Donde

A = es la matriz de comparación de tamaño n × n, para n criterios, también llamada matriz de prioridad

n = número de criterios a ser evaluados

Ci = el criterio

Aij = la interpolación del criterio i en relación del criterio j; entonces el criterio Cj es 1 / a ij veces más importante que el criterio Ci.

Tabla 7 La escala de comparaciones pareadas para AHP

Intensidad de importancia	Definiciones
---------------------------	--------------

9	Importancia extrema
7	Muy fuerte importancia
5	Fuerte importancia
3	Importancia moderada
1	Igual importancia (preferencia)
2,4,6,8	Valores intermedios

Las preferencias se expresan en una escala de 1 a 9 puntos proporcionada en la Tabla 7. Los valores intermedios no proporcionados en la tabla se pueden usar para formar una matriz de comparación. Se supone que las alternativas son independientes cuando se expresan preferencias en el modelo AHP. La matriz de comparación se forma para determinar el peso de la prioridad sin considerar alternativas.

Una simplificación de los pasos de AHP son los siguientes

- Plantear el problema;
- Ampliar los objetivos del problema o considerar todos los actores, objetivos y su resultado;
- Identificar los criterios que influyen en el comportamiento;
- Estructurar el problema en una jerarquía de diferentes niveles, incluyendo el Objetivo, Criterios, Subcriterios y Alternativas;
- Compare cada elemento en el nivel correspondiente y calibre en la escala numérica. Esto requiere $N^{\circ} \text{ de Comparaciones} = \frac{n(n-1)}{2}$ comparaciones por parejas, donde $n = [1, \dots, n]$ es el conjunto de elementos con la consideración de que los elementos diagonales son iguales a 1 y los otros elementos son los recíprocos de las comparaciones anteriores;
- Realice cálculos para encontrar el valor índice de consistencia (CI), índice de consistencia aleatoria (RI), razón de Coherencia (CR) y valores normalizados para cada elemento;
- Si los valores CI, RI y CR son satisfactorios, entonces la decisión se toma con base en los valores normalizados; de lo contrario, el procedimiento se repite hasta que estos valores se encuentren en un rango deseado.

CI es el índice de consistencia de A y se calcula como sigue:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n} \qquad \text{Ecuación 1 Índice de consistencia}$$

Aquí λ_{max} es el valor Eigen de la matriz A, y n el número de criterios.

RI es el índice de consistencia aleatoria de una matriz de comparaciones pareadas generada en forma aleatoria. Algunos autores sugieren la siguiente estimación para RI:

$$RI = \frac{1.98 (n - 2)}{n} \qquad \text{Ecuación 2 Índice de consistencia aleatoria}$$

Se calcula el CR, la relación entre el Índice de consistencia y el Índice aleatorio, si el valor de CR es menor que 0.10, es una señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas. Un valor CR mayor que 0.10 significa que, o bien un error de cálculo en el modelo o una incoherencia de las comparaciones del responsable de la toma de decisiones.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Ecuación 3 Razón de coherencia

3.2. Resultados de AHP con la aplicación R

El modelo jerárquico que incorpora los objetivos, criterios e indicadores y el peso de los atributos, se indican en las

Tabla 1 hasta la Tabla 4. Los pesos locales de cada subcriterio se deben multiplicar por el peso local de los criterios de nivel superior para encontrar los pesos globales de cada subcriterio.

Dependiendo de las utilidades de los atributos, resultado de la autoevaluación resumida en la Tabla 6 el vector propio de la matriz de decisión se determinará como el vector de prioridad de las características comparadas. Esto es para demostrar sus ponderaciones relativas con la consideración de las características ubicadas un nivel más alto en la jerarquía.

Se procede a elaborar la matriz de comparación de las alternativas con respecto a cada uno de los atributos asignándole un valor numérico de acuerdo a la escala de importancia relativa (Tabla 7) la misma que debe tener relación con los valores de la función de utilidad de cada atributo obteniendo para cada atributo una matriz de comparación de pares de tamaño 4 x 4.

Tabla 8 Matriz de comparación por pares, para unos cuantos atributos.

			S1	S2	S3	S4		
X1		S1	1	3	1/2	1/2		
		S2	1/3	1	1/9	1/9		
CR	o	S3	2	9	1	1		
		S4	2	9	1	1		
			S1	S2	S3	S4		
X2		S1	1	1	1	9		
		S2	1	1	1	9		
CR	o	S3	1	1	1	9		
		S4	1/9	1/9	1/9	1		
			S1	S2	S3	S4		
X3		S1	1	1/9	1/3	1		
		S2	9	1	1	3		
CR	o,09	S3	3	1	1	1		
		S4	1	1/3	1	1		
			S1	S2	S3	S4		
X16		S1	1	9	1	1		
		S2	1/9	1	1/9	1/9		
CR	o	S3	1	9	1	1		
		S4	1	9	1	1		
			S1	S2	S3	S4		
X17		S1	1	1/3	1/9	1		
		S2	3	1	1/2	3		
CR	o,01	S3	9	2	1	9		
		S4	1	1/3	1/9	1		
			S1	S2	S3	S4		
X18		S1	1	1	1	1		
		S2	1	1	1	1		
CR	o	S3	1	1	1	1		
		S4	1	1	1	1		
			S1	S2	S3	S4		
X31		S1	1	1	1	1		
		S2	1	1	1	1		
CR	o	S3	1	1	1	1		
		S4	1	1	1	1		
			S1	S2	S3	S4		
X32		S1	1	1	1/2	2		
		S2	1	1	1/2	2		
CR	o,04	S3	2	2	1	9		
		S4	1/2	1/2	1/9	1		
			S1	S2	S3	S4		
X33		S1	1	1/9	1/9	1/9		
		S2	9	1	1	1		
CR	o	S3	9	1	1	1		
		S4	9	1	1	1		

La matriz de comparación por pares de las alternativas con respecto a los criterios se expresa resumida en la Tabla 8. La CR (Ecuación 3) de la matriz de comparación de cada uno de los atributos se utiliza para verificar inconsistencia de juicios, se puede observar en la Tabla 8 que el valor de CR de cada uno de los atributos es menor que 0,10 (10%) por lo que se obtiene el juicio de que el modelo es consistente.

La Tabla 8, matriz de comparaciones por pares, señala que con respecto al atributo X1 nos indica que la alternativa S1 con un valor de 3 es moderadamente importante que la alternativa S2. La alternativa S2 no se considera mejor que las demás alternativas. La alternativa S3 es moderadamente importante que la S1 y es muy importante con respecto a la alternativa S2, pero es de igual de importante que la alternativa S4. La alternativa S4 tiene el mismo comportamiento que la S3, con respecto a los demás criterios.

Para el atributo X2, las alternativas S1, S2 y S3 son muy importantes para la alternativa S4

Para el atributo X3, la alternativa S1 se considera de igual importancia que la alternativa S4. La alternativa S2 se considera 9 veces más importante que la S1, y 3 veces más importante que la alternativa S4. La alternativa S3 se considera 3 veces más importante que la S1, y de igual de importancia que las alternativas S2 y S4. La alternativa S4 se considera igual preferencia que las alternativas S1 y S3.

Una vez obtenida la matriz de comparaciones, se suman verticalmente los elementos de cada columna para luego dividir, esta suma obtenida, para cada elemento de la matriz de comparación con lo que se obtiene la matriz de comparaciones normalizada, posteriormente se calcula el vector columna que contiene los promedios de las filas (Tabla 9).

Tabla 9 Vector promedio de los atributos con respecto a las alternativas

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄		S ₁	S ₂	S ₃	S ₄		S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
X ₁	0,171	0,048	0,391	0,391	X ₁₆	0,321	0,036	0,321	0,321	X ₃₁	0,250	0,250	0,250	0,250
X ₂	0,321	0,321	0,321	0,036	X ₁₇	0,077	0,262	0,585	0,077	X ₃₂	0,201	0,201	0,504	0,094
X ₃	0,090	0,459	0,276	0,174	X ₁₈	0,250	0,250	0,250	0,250	X ₃₃	0,036	0,321	0,321	0,321
X ₄	0,250	0,250	0,250	0,250	X ₁₉	0,250	0,250	0,250	0,250	X ₃₄	0,250	0,250	0,250	0,250
X ₅	0,407	0,052	0,407	0,133	X ₂₀	0,250	0,250	0,250	0,250	X ₃₅	0,286	0,046	0,118	0,549
X ₆	0,420	0,420	0,120	0,040	X ₂₁	0,250	0,250	0,250	0,250	X ₃₆	0,250	0,250	0,250	0,250
X ₇	0,250	0,250	0,250	0,250	X ₂₂	0,250	0,250	0,250	0,250	X ₃₇	0,278	0,089	0,169	0,464
X ₈	0,449	0,194	0,284	0,073	X ₂₃	0,250	0,250	0,250	0,250	X ₃₈	0,250	0,250	0,250	0,250
X ₉	0,250	0,250	0,250	0,250	X ₂₄	0,083	0,750	0,083	0,083	X ₃₉	0,050	0,450	0,450	0,050
X ₁₀	0,464	0,086	0,158	0,292	X ₂₅	0,281	0,478	0,154	0,086	X ₄₀	0,050	0,450	0,450	0,050
X ₁₁	0,321	0,036	0,321	0,321	X ₂₆	0,265	0,085	0,487	0,162	X ₄₁	0,036	0,321	0,321	0,321
X ₁₂	0,250	0,250	0,250	0,250	X ₂₇	0,163	0,269	0,477	0,091	X ₄₂	0,036	0,321	0,321	0,321
X ₁₃	0,570	0,065	0,300	0,065	X ₂₈	0,250	0,250	0,250	0,250	X ₄₃	0,517	0,294	0,132	0,056
X ₁₄	0,638	0,064	0,234	0,064	X ₂₉	0,250	0,250	0,250	0,250	X ₄₄	0,321	0,321	0,321	0,036
X ₁₅	0,446	0,051	0,452	0,051	X ₃₀	0,250	0,250	0,250	0,250	X ₄₅	0,250	0,250	0,250	0,250

El valor promedio de cada uno de los criterios se indica en la Tabla 10, esta información es requerida para encontrar el rango apropiado de las alternativas para la metodología TOPSIS que se evaluará más adelante.

En la Figura 3 y en la Tabla 10 se observa claramente que, con un valor de 0,0521, los atributos de mayor impacto para un evaluador son los atributos X28 y X45. En consecuencia, se puede decir que los evaluadores externos de las IES podrían considerar los criterios Patrimonio/Estudiante (X28) y Patrimonio/carrera (X45) como los puntos más importantes para determinar su elección de Carrera con calidad educativa.

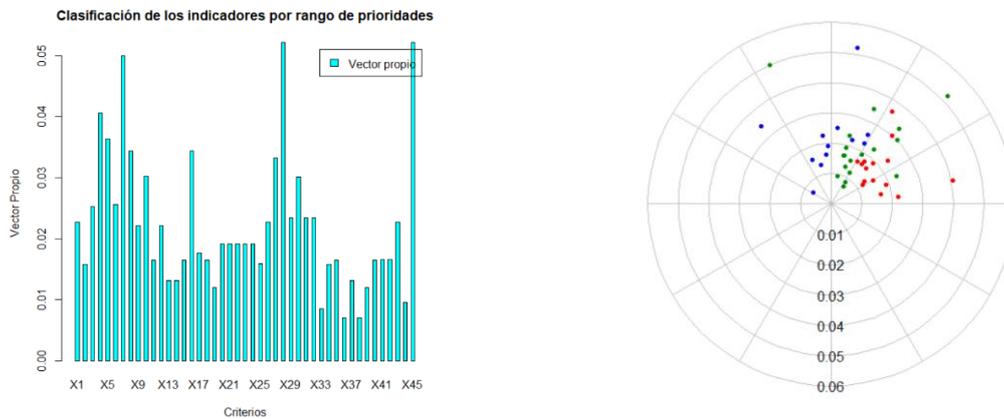


Figura 3 Clasificación de los atributos por prioridad de pesos

Existen otros indicadores que siguen como más importantes a los otros dos anteriores, esto es: X7, X4, X5, X8, X16, X27, X10, X30 respectivamente, entre los más relevantes, a los que la FCA debería poner especial énfasis, sin descuidar los demás atributos.

El valor de CR del vector promedio de cada uno de los criterios corresponde a un valor de 0.0034.

Está claro que, con una relación de consistencia de 0,0034 que es menor que 0,1, el modelo funciona.

Tabla 10 Vector promedio de cada uno de los criterios

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
Valoración promedio	0,0227	0,0159	0,0253	0,0406	0,0363	0,0256	0,0499	0,0344	0,0222
	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18
Valoración promedio	0,0302	0,0165	0,0222	0,0132	0,0132	0,0165	0,0344	0,0178	0,0165
	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27
Valoración promedio	0,0120	0,0191	0,0191	0,0191	0,0191	0,0191	0,0160	0,0227	0,0332
	X28	X29	X30	X31	X32	X33	X34	X35	X36
Valoración promedio	0,0521	0,0234	0,0301	0,0234	0,0234	0,0085	0,0159	0,0165	0,0070

	X37	X38	X39	X40	X41	X42	X43	X44	X45
Valoración promedio	0,0132	0,0070	0,0120	0,0165	0,0167	0,0167	0,0227	0,0095	0,0521

3.2.1. Evaluación de alternativas

Una vez que se ha estructurado el problema de la decisión, se ha determinado la magnitud de las consecuencias y se ha establecido la estructura de las preferencias, la información debe sintetizarse lógicamente para evaluar las estrategias propuestas.

En este caso de las Carreras de la FCA que resultó menos impactado (es decir con mayores valores de utilidad), y por ende con mejor calidad fue la S3, mientras que la Carrera con menor calificación fue S4.

De manera general, el resultado obtenido de la metodología AHP, en la aplicación R, se muestra en la Figura 4, y representa las utilidades globales, las cuales corresponden a la sumatoria de todas las utilidades aportadas por cada uno de los atributos analizados para cada alternativa estudiada. En este caso, de las Carreras de la FCA que resultó menos impactado (es decir con mayores valores de utilidad), y por ende con mejor calidad fue la S3, mientras que la Carrera con menor calificación fue la S4.

Clasificación de alternativas

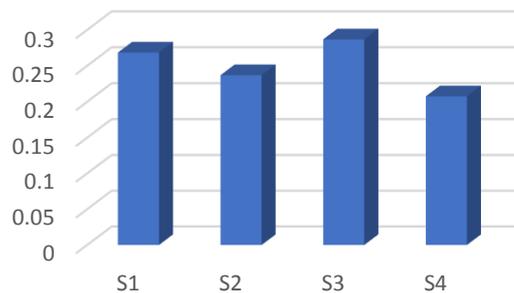


Figura 4 Clasificación de las alternativas, obtenidas según la aplicación R, con la metodología AHP

3.3. Evaluación de alternativas metodología TOPSIS

TOPSIS es una técnica de toma de decisiones multicriterio inicialmente desarrollada por Hwang y Yoon (La priorización de las provincias para la asignación de subvenciones públicas mediante una metodología de toma de decisiones basada en conjuntos difusos tipo 2, 2016). Esta técnica evalúa las alternativas según sus distancias a la solución ideal. En este método, primero las soluciones ideales positivas y negativas se determinan según el tipo de criterio. Después de eso, se calculan las distancias de cada alternativa a soluciones ideales positivas y negativas. El índice de proximidad relativa de cada alternativa se calcula mediante estos valores. Finalmente, la alternativa que tiene el mayor valor de cercanía se selecciona como la mejor alternativa. Los pasos del método TOPSIS se dan de la siguiente manera (Strategic Decision Selection Using Hesitant fuzzy TOPSIS and Interval Type-2 Fuzzy AHP: A case study, 2014) (Revisiones Energéticas Renovables y Sostenibles, 2017).

Paso 1: El primer paso en este método como los demás es construir la matriz normalizada usando:

$$f_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m f_{ij}^2}} \quad \text{Ecuación 4 Matriz de normalización}$$

donde i recibe los valores $1, 2, \dots, m$, j recibe $1, 2, \dots, n$ y f_{ij} es una medida prioridad normalizada de la i° alternativa con respecto a la j° criterio.

Paso 2: El segundo paso es generar la matriz normalizada ponderada de la siguiente manera:

$$V = F * W = \begin{pmatrix} w_1 f_{11} & w_2 f_{12} & \dots & w_n f_{1n} \\ w_1 f_{21} & w_2 f_{22} & \dots & w_n f_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_m f_{m1} & w_2 f_{m2} & \dots & w_n f_{mn} \end{pmatrix} \quad \text{Ecuación 5 Matriz de normalización ponderada}$$

n y m son los números de criterios y alternativas, respectivamente.

Paso 3: Este paso es determinar las soluciones ideales positivas y negativas como se mencionó anteriormente, mediante la Ecuación 6 y Ecuación 7.

$$V^+ = \left\{ (\min v_{ij} | j \in J_1), (\min v_{ij} | j \in J_2), i = 1, 2, 3, \dots, m \right\} = \{V_1^+, V_2^+, \dots, V_n^+\} \quad \text{Ecuación 6 solución ideal positiva}$$

$$V^- = \left\{ (\min v_{ij} | j \in J_1), (\max v_{ij} | j \in J_2), i = 1, 2, 3, \dots, m \right\} = \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_n^-\} \quad \text{Ecuación 7 solución ideal negativa}$$

Paso 4: en esta etapa, utilizando el método de distancia euclidiana n -dimensional, la distancia de todas las alternativas de la solución ideal positiva y la solución ideal negativa se calculan utilizando Ecuación 8 y Ecuación 9:

$$S_i^+ = \left\{ \sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ecuación 8 Solución ideal positiva para las alternativas}$$

$= 1, 2, \dots, n \quad i$
 $= 1, 2, \dots, m$

$$S_i^- = \left\{ \sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ecuación 9 Solución ideal negativa para las alternativas}$$

$= 1, 2, \dots, n \quad i$
 $= 1, 2, \dots, m$

Paso 5: la cercanía relativa de cada alternativa a la solución ideal se calcula mediante Ecuación 10, como se menciona a continuación:

$$Q_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad \text{Ecuación 10 Cercanía de cada alternativa}$$

donde el mejor rango es para la alternativa con un valor más alto para la cercanía relativa que significa la alternativa con la distancia más baja desde una solución positiva y la distancia más alta desde la solución negativa.

3.4. Resultados de TOPSIS con la aplicación R

3.4.1. Definición de la matriz de decisión

El primer paso es definir la matriz de decisión, para construir esta matriz es necesario incluir el conjunto de alternativas, de criterios (Tabla 5) y conocer el valor de cada atributo en cada alternativa obtenida de acuerdo a la función de utilidad correspondiente (Tabla 6), así como el vector de prioridad de criterios obtenidos con la metodología AHP (Tabla 10), pero además es necesario establecer los pesos asignados a cada criterio (Tabla 11) los mismos que fueron asignados por expertos de la FCA.

Atributo	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅
Valor Max/Min	Min	Min	Min	Max	Min	Max	Max								
Atributo	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀
Valor Max/Min	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Max	Max	Max
Atributo	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	X ₃₆	X ₃₇	X ₃₈	X ₃₉	X ₄₀	X ₄₁	X ₄₂	X ₄₃	X ₄₄	X ₄₅
Valor Max/Min	Max	Max	Min	Min	Min	Max	Min	Min	Max	Max	Min	Min	Min	Min	Max

Tabla 11 Valor de cada atributo asignados por expertos

Una vez obtenida la matriz de decisión se procede a dividir cada componente por la norma del vector columna de la que es parte, es decir realizar la operación de la Ecuación 5 con lo cual obtenemos el resultado de la Tabla 12.

Tabla 12 Matriz de normalización.

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
X ₁	0,539	0,281	0,562	0,562
X ₂	0,546	0,546	0,546	0,327
X ₃	0,445	0,524	0,517	0,510
X ₄	0,500	0,500	0,500	0,500
X ₅	0,514	0,483	0,514	0,488
X ₆	0,667	0,667	0,333	0,000
X ₇	0,500	0,500	0,500	0,500
X ₈	0,608	0,511	0,543	0,272
X ₉	0,500	0,500	0,500	0,500
X ₁₀	0,571	0,394	0,453	0,561
X ₁₁	0,567	0,187	0,567	0,567
X ₁₂	0,500	0,500	0,500	0,500
X ₁₃	0,894	0,000	0,447	0,000
X ₁₄	0,910	0,000	0,415	0,000
X ₁₅	0,721	0,000	0,693	0,000

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
X ₁₆	0,506	0,481	0,506	0,506
X ₁₇	0,436	0,532	0,581	0,436
X ₁₈	0,500	0,500	0,500	0,500
X ₁₉	0,500	0,500	0,500	0,500
X ₂₀	0,500	0,500	0,500	0,500
X ₂₁	0,500	0,500	0,500	0,500
X ₂₂	0,500	0,500	0,500	0,500
X ₂₃	0,500	0,500	0,500	0,500
X ₂₄	0,378	0,756	0,378	0,378
X ₂₅	0,543	0,605	0,438	0,383
X ₂₆	0,513	0,362	0,633	0,452
X ₂₇	0,474	0,510	0,569	0,437
X ₂₈	0,500	0,500	0,500	0,500
X ₂₉	0,500	0,500	0,500	0,500
X ₃₀	0,500	0,500	0,500	0,500

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
X ₃₁	0,500	0,500	0,500	0,500
X ₃₂	0,507	0,507	0,518	0,466
X ₃₃	0,277	0,555	0,555	0,555
X ₃₄	0,500	0,500	0,500	0,500
X ₃₅	0,544	0,161	0,299	0,767
X ₃₆	0,500	0,500	0,500	0,500
X ₃₇	0,526	0,423	0,492	0,549
X ₃₈	0,500	0,500	0,500	0,500
X ₃₉	0,000	0,707	0,707	0,000
X ₄₀	0,000	0,707	0,707	0,000
X ₄₁	0,000	0,577	0,577	0,577
X ₄₂	0,000	0,577	0,577	0,577
X ₄₃	0,842	0,490	0,225	0,000
X ₄₄	0,577	0,577	0,577	0,000
X ₄₅	0,500	0,500	0,500	0,500

Después de la matriz de decisión normalizada, se construye una matriz de normalización ponderada. Se obtiene multiplicando la matriz de normalización por el vector de pesos de los criterios, vector que se calculó con la metodología AHP (Tabla 10). El resultado de esta operación se indica en la Tabla 13.

Tabla 13 Matriz normalizada ponderada

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
X ₁	0,012	0,006	0,013	0,013
X ₂	0,009	0,009	0,009	0,005
X ₃	0,011	0,013	0,013	0,013
X ₄	0,020	0,020	0,020	0,020
X ₅	0,019	0,018	0,019	0,018
X ₆	0,017	0,017	0,009	0,000
X ₇	0,025	0,025	0,025	0,025
X ₈	0,021	0,018	0,019	0,009
X ₉	0,011	0,011	0,011	0,011
X ₁₀	0,017	0,012	0,014	0,017
X ₁₁	0,009	0,003	0,009	0,009
X ₁₂	0,011	0,011	0,011	0,011

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
X ₁₆	0,017	0,017	0,017	0,017
X ₁₇	0,008	0,009	0,010	0,008
X ₁₈	0,008	0,008	0,008	0,008
X ₁₉	0,006	0,006	0,006	0,006
X ₂₀	0,010	0,010	0,010	0,010
X ₂₁	0,010	0,010	0,010	0,010
X ₂₂	0,010	0,010	0,010	0,010
X ₂₃	0,010	0,010	0,010	0,010
X ₂₄	0,007	0,014	0,007	0,007
X ₂₅	0,009	0,010	0,007	0,006
X ₂₆	0,012	0,008	0,014	0,010
X ₂₇	0,016	0,017	0,019	0,015

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
X ₃₁	0,012	0,012	0,012	0,012
X ₃₂	0,012	0,012	0,012	0,011
X ₃₃	0,002	0,005	0,005	0,005
X ₃₄	0,008	0,008	0,008	0,008
X ₃₅	0,009	0,003	0,005	0,013
X ₃₆	0,004	0,004	0,004	0,004
X ₃₇	0,007	0,006	0,007	0,007
X ₃₈	0,004	0,004	0,004	0,004
X ₃₉	0,000	0,009	0,009	0,000
X ₄₀	0,000	0,012	0,012	0,000
X ₄₁	0,000	0,010	0,010	0,010
X ₄₂	0,000	0,010	0,010	0,010

X13	0,012	0,000	0,006	0,000	X28	0,026	0,026	0,026	0,026	X43	0,019	0,011	0,005	0,000
X14	0,012	0,000	0,005	0,000	X29	0,012	0,012	0,012	0,012	X44	0,006	0,006	0,006	0,000
X15	0,012	0,000	0,011	0,000	X30	0,015	0,015	0,015	0,015	X45	0,026	0,026	0,026	0,026

Para conocer los valores ideales positivos y negativos, TOPSIS utiliza distancias euclidianas. El vector de separación positiva y negativa se forma a partir de las ecuaciones (Ecuación 8) y (Ecuación 9). Su resultado se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14 Solución ideal positiva y solución ideal negativa

	S1	S2	S3	S4
Ideal Positivo	0,029	0,028	0,023	0,036
Ideal Negativo	0,033	0,031	0,031	0,027

3.4.2. Resultado y discusión

El coeficiente relativo de cercanía se evalúa usando la Ecuación 10, su resultado se muestra en la Figura 5.

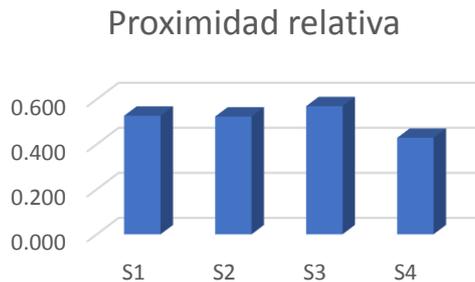


Figura 5 Clasificación de las alternativas, con la metodología TOPSIS

La Figura 5 representa el coeficiente de cercanía relativa con respecto a la calidad educativa de las carreras de la FCA y se observa claramente que S3 es la mejor entre las demás y tiene el valor máximo de 0.545. la segunda opción es S1. La menor opción le corresponde a la carrera S4, por lo que se recomienda elaborar un plan de mejoras para mejorar las utilidades de los indicadores.

3.5. Comparación de resultados en AHP y TOPSIS

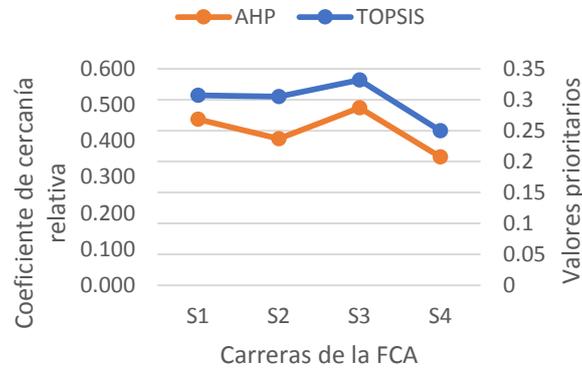


Figura 6 Comparación de AHP y TOPSIS

Los resultados de ambas técnicas se comparan en la Figura 6, se observa que la carrera S3 es la mejor opción, que tiene mejores indicadores referente a la calidad educativa. también se observa que la carrera S4, en ambos métodos obtuvo una puntuación baja. Ambas metodologías tienen las mismas conclusiones sobre las peores y mejores alternativas.

4. Conclusiones

A partir de la información obtenida, es importante señalar que no existe una marcada diferencia en los valores de la función de utilidad entre las Carreras de la FCA. La calidad se ve mermada simplemente por el impacto de estas actividades, por lo que será de gran importancia considerarlas como un punto crucial para proponer una gestión integrada y estratégica de los entornos.

El esquema de programación utilizado en el presente documento comprende la asignación de los indicadores en base a las evidencias recolectadas en cada Carrera y se optimiza internamente para construir la matriz pareada en base a la escala de comparaciones pareadas, y de esta manera utilizar las metodologías AHP-TOPSIS.

A lo largo del documento, el problema ha sido analizado paso a paso según el ciclo de análisis de decisiones en el que se basan las metodologías AHP-TOPSIS, que muestra las principales características y utilidad de estas decisiones del sistema de soporte informatizado. El análisis comienza con la estructuración del problema e incluye la identificación de estrategias factibles, su impacto e incertidumbre, la cuantificación de las preferencias del tomador de decisiones, y la evaluación de estrategias de intervención.

Los resultados expuestos en el presente informe de autoevaluación se verán afectados si el CEAACES toma un nuevo estándar de modelo de evaluación con indicadores, subcriterios y pesos diferentes a la adaptación del modelo de evaluación a 26 universidades de categoría “E”.

Referencias

A generic multi-attribute analysis system. **Jiménez, Antonio, Ríos-Insua, Sixto and Mateos, Alfonso. 2006.** 4, 2006, Computers & Operations Research, Vol. 33, pp. 1081-1101.

Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. **Halil Akinci, Ayşe Yavuz Özalp, Bülent Turgut. 2013.** 2013, Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 97, pp. 71-82.

An AHP (Analytic Hierarchy Process)/ANP (Analytic Network Process)-based multi-criteria decision approach for the selection of solar-thermal power plant investment projects. **P. Aragonés-Beltrán, F. Chaparro-González, J.-P. Pastor-Ferrando, A. Pla-Rubio. 2014.** 2014, Energy, Vol. 66, pp. 222-238.

An analytic hierarchy process for school quality and inspection: Model development and application. **Masood Badri, Amal Al Qubaisi, Jihad Mohaidat, Hamad Al Dhaheri, Guang Yang, Asma Al Rashedi, Kenneth Greer. 2016.** 3, 2016, International Journal of Educational Management, Vol. 30, pp. 437-459.

Application of SAW, TOPSIS and fuzzy TOPSIS models in cultivation priority planning for maize, rapeseed and soybean crops. **Javad Seyedmohammadi, Fereydoon Sarmadian, Ali Asghar Jafarzadeh, Mohammad Ali Ghorbani, Farzin Shahbazi. 2018.** Septiembre 2017, 2018, Geoderma, Vol. 310, pp. 178-190.

CEAACES. 2015. *Modelo de Evaluación Institucional de Universidades y Escuelas Politécnicas del Ecuador.* Quito : CEAACES, 2015.

COMISIÓN DE EVALUACIÓN INTERNA DE LA UTMACH. 2013. *INFORME FINAL DE LA AUTOEVALUACIÓN INSTITUCIONAL CON FINES DE ACREDITACIÓN.* Machala : Editorial Universitaria, 2013.

Consejo de Educación Superior. 2016. *Propuesta de indicadores para la evaluación institucional del Sistema de Educación Superior.* Quito : Red de archivos universitarios del Ecuador, 2016.

Consejo de Educación Superior. 2012. *Reglamento de Carrera y Escalafón del Profesor e Investigador del Sistema de Educación Superior.* Quito : Gaceta oficial del CES, 2012.

Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad. 2012. *Material para el taller de capacitación sobre la Evaluación, Acreditación y Categorización de las Universidades y Escuelas Politécnicas.* Quito : CEAACES, 2012.

Decision-making in irrigation networks: Selecting appropriate canal structures using multi-attribute decision analysis. **Zeinab Hosseinzade, Sheree A. Pagsuyoin, Kumaraswamy Ponnambalam, Mohammad J. Monem. 2017.** 2017, SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT, Vol. 601, pp. 177-185.

Guillaume Long, Lucas Pacheco, Gina Chávez, Claudia Ballas, María Luisa Granda, Luis Martínez, Enrique Santos. 2013. “Suspendida por falta de calidad”. *El cierre de catorce universidades en Ecuador*. Quito : CEAACES, 2013.

Integration of AHP-TOPSIS method for prioritizing the solutions of reverse logistics adoption to overcome its barriers under fuzzy environment. **Chandra Prakash, MK Barua. 2015.** 3, 2015, JOURNAL OF MANUFACTURING SYSTEMS, Vol. 37, pp. 599-615.

Investigation of feasibility study of solar farms deployment using hybrid AHP-TOPSIS analysis: Case study of India. **Sonal Sindhu, Vijay Nehra, Sunil Luthra. 2017.** 2017, RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS, Vol. 73, pp. 496-511.

La priorización de las provincias para la asignación de subvenciones públicas mediante una metodología de toma de decisiones basada en conjuntos difusos tipo 2. **M. Kilic, I. Kaya. 2016.** 2016, Urban Stud., Vol. 53, pp. 755-774.

Multiattribute Utility Satisfying a Preference for Combining Good with Bad. **Tsetlin I, Winkler R. 2009.** 12, 2009, Management Science, Vol. 55, pp. 1942-1952.

Pengenalan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process). **Syaifullah. 2010.** 2010, Wordpress, pp. 1-11.

Rank B2C e-commerce websites in e-alliance based on AHP and fuzzy TOPSIS. **Xiaobing Yu, Shunsheng Guo, Jun Guo, Xiaorong Huang. 2011.** 4, 2011, Expert Systems with Applications, Vol. 38, pp. 3550-3557.

Revisión Energéticas Renovables y Sostenibles. **Murat Çolak, İhsan Kaya. 2017.** 2017, Prioritization of renewable energy alternatives by using an integrated fuzzy MCDM model: A real case application for Turkey, Vol. 80, pp. 840-853.

Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador, SNIESE. 2013. *Manual de Usuario Levantamiento de Datos (2011 y 2012) de Universidades y Escuelas Politécnicas.* Quito: SENESCYT, 2013.

Strategic Decision Selection Using Hesitant fuzzy TOPSIS and Interval Type-2 Fuzzy AHP: A case study. **S. Cevik Onar, B. Oztaysi , C. Kahraman. 2014.** 5, 2014, Int J Comput Intell Syst, Vol. 7, pp. 1002-1021.

TL., Saaty. 1980. *The Analytic Hierarchy Process. Planning, priority setting, resource.* New York : McGraw-Hill, 1980.

Use of analytical hierarchy process (ahp) for selecting the best design concept. **Ariff H, Salit M, Ismail N, Nukman Y. 2008.** A, 2008, Jurnal Teknologi, Vol. 49, pp. 1-18.

Utility Copula Functions Matching All Boundary Assessments. **Abbas, A. 2013.** 2, 2013, Operations Research, Vol. 61, pp. 359-371.