

73

Fecha de presentación: septiembre, 2022

Fecha de aceptación: noviembre, 2022

Fecha de publicación: enero, 2023

OPTIMIZACIÓN

DEL USO DEL PRESUPUESTO EN EL PROCESO DE MEJORA DE LA CALIDAD EN UNA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN ECUADOR

OPTIMIZATION OF THE USE OF THE BUDGET IN THE QUALITY IMPROVEMENT PROCESS IN A HIGHER EDUCATION INSTITUTION IN ECUADOR

Reyner Pérez-Campdesuñer¹

E-mail: reyner.perez@ute.edu.ec

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2785-5290>

Alexander Sánchez-Rodríguez²

E-mail: alexander.sanchez@ute.edu.ec

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8259-2131>

Marcia Noda-Hernández³

E-mail: mnodea@mes.gob.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3632-1239>

Gelmar García-Vidal²

E-mail: gelmar.garcia@ute.edu.ec

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7159-3163>

Rodobaldo Martínez-Vivar¹

E-mail: rodobaldo.martinez@ute.edu.ec

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1934-1185>

¹Universidad UTE, Facultad de Ciencias Administrativas. Quito, Ecuador

²Universidad UTE, Facultad de Ciencias Administrativas. Santo Domingo, Ecuador

³Ministerio de Educación Superior, Junta de Acreditación Nacional. La Habana, Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Pérez-Campdesuñer, R. P., Sánchez-Rodríguez, A., Noda-Hernández, M., García-Vidal, G. & Martínez-Vivar, R. (2023). Optimización del uso del presupuesto en el proceso de mejora de la calidad en una Institución de Educación Superior en Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 15(1), 708-722.

RESUMEN

Las acciones y modelos para mejorar la calidad de las instituciones de educación superior ya exceden décadas de aplicación y exhiben resultados notorios, de igual modo se esparcen por todo el globo terráqueo. Otro rasgo notorio es la diversidad de variables, modelos, pesos de importancias que se conceden a las variables y divergencias entre criterios relativos a los modelos propuestos. También se señalan las limitaciones financieras y presupuestarias que enfrentan gran parte de las instituciones de educación superior para poder ejercer de forma sistemática las mejoras que demandan estos modelos. Tanto la diversidad de variables como las limitaciones financieras demandan la aplicación de modelos multicriterio que faciliten a los tomadores de decisiones estructurar proyectos de solución de carácter sistémico que permitan la mejora de la calidad en el marco las limitaciones financieras que sus instituciones puedan tener. Esta investigación se orientó al desarrollo de un método multicriterio que permita a una institución de educación superior en Ecuador diseñar acciones de mejora de su sistema de calidad con un uso óptimo de su presupuesto. Para la solución del problema se recurrió a modelación y solución del problema utilizando algoritmo de solución en Matlab que permitieron mejorar la función objetivo en el marco de las limitaciones financieras existente en la entidad objeto de estudio.

Palabras clave: Optimización, Modelación, Modelos multicriterio, Calidad, Educación Superior.

ABSTRACT

The actions and models to improve the quality of higher education institutions already exceed decades of application and show notorious results, just as they are spread throughout the globe. Another notable feature is the diversity of variables, models, weights of importance given to the variables and divergences between criteria relative to the proposed models. The financial and budgetary limitations faced by a large part of higher education institutions to be able to systematically carry out the improvements demanded by these models are also pointed out. Both the diversity of variables and the financial limitations demand the application of multi-criteria models that make it easier for decision makers to structure solution projects of a systemic nature that allow the improvement of quality within the framework of the financial limitations that their institutions may have. This research was oriented to the development of a multicriteria method that allows a higher education institution in Ecuador to design actions to improve its quality system with an optimal use of its budget. To solve the problem, modeling and solution of the problem were used using a solution algorithm in Matlab that allowed improving the objective function within the framework of the existing financial limitations in the entity under study.

Keywords: Optimization, Modeling, Multicriteria Models, Quality, Higher Education.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de acreditación de la calidad de la educación superior no son algo de este siglo, las primeras publicaciones sobre el tema se remontan a los años 50 del Siglo pasado. La publicación más antigua sobre la temática que se registra en la base de datos de Scopus es del 1960; sin embargo, el tema no despertó un interés significativo de los investigadores hasta la última década del pasado siglo. Desde ese momento y hasta la actualidad cada vez son más las investigaciones que se reportan sobre la temática como se puede apreciar en la figura 1. En junio del 2022 en Scopus ya se reportaban 2330 publicaciones bajo el criterio de búsqueda siguiente: (TITLE-ABS-KEY (quality AND of AND higher AND education) AND TITLE-ABS-KEY (accreditation)).

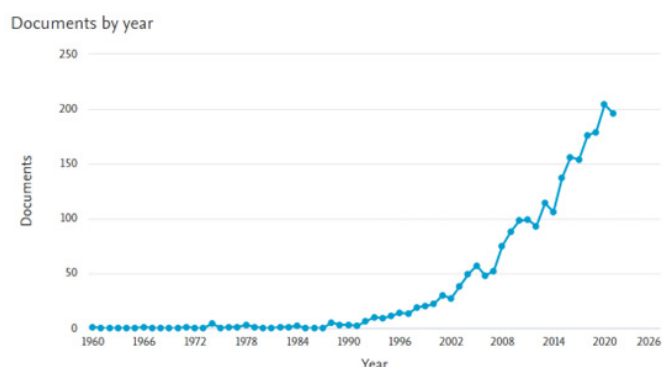


Figura 1. Comportamiento de las publicaciones indexadas en Scopus sobre Acreditación de la calidad de la educación superior.

Fuente: Salida de Scopus.

Alrededor de la última década del pasado siglo varios acontecimientos promovieron este interés. La propuesta de un modelo de acreditación (Juanes Giraud, 2022), que proponía centrar los esfuerzos en aspectos como: formación de la enseñanza previa, formación docente, la existencia de cuatro niveles de acreditación: nacional, regional, local y autoevaluación, la existencia de comités conjuntos de estándares de evaluación y de procedimiento para la acreditación: Manual de acreditación, autoevaluación, equipo de evaluación externa, visita in situ, informe de evaluación, revisión por pares e informe final. Más tarde, la declaración de Boloña firmada en 1999 por

30 ministros de educación de países europeos. Esta declaración busca los objetivos siguientes:

- Establecer un sistema de grados fácilmente comparable para promover la empleabilidad de los ciudadanos europeos y la competitividad internacional del sistema europeo de educación superior.
- Definir un sistema de dos ciclos; el primero, de al menos tres años, puede gastarse en el mercado laboral europeo o en el sistema de educación superior como un nivel adecuado de cualificación.
- Eliminar obstáculos para la libre movilidad y la igualdad de trato, con especial atención a los siguientes.
- Promover criterios y metodologías de evaluación de la calidad.

La promoción de los sistemas de acreditación superior de la calidad de la educación superior se extiende por todo el mundo. Reflejo de este comportamiento es la distribución de las investigaciones sobre la temática y las redes de investigación que se han establecido entre las diferentes regiones como se puede apreciar en la Figura 2.

Country Collaboration Map

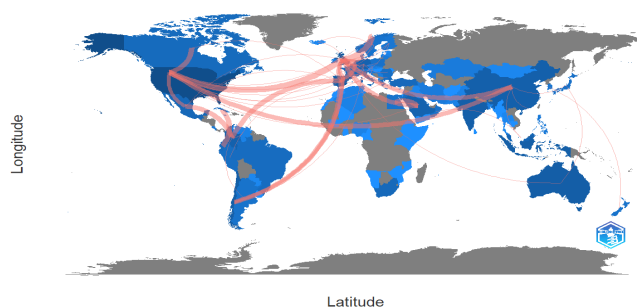


Figura 2. Redes de investigación sobre acreditación de la calidad de la educación superior.

Fuente: Salida de Biblioshiny (Bibliometrix).

Los estudios sobre sistemas de acreditación de la calidad de la educación superior se reportan en todos los diferentes continentes (Tamrat, 2022; Kumar et al., 2022) En América Latina la generalidad de los países han desarrollado sus sistemas nacionales de acreditación (Fontalvo et al., 2021). En Ecuador se han realizado varias investigaciones relativas a los sistemas de acreditación (Juanes Giraud, 2022).

Los sistemas de acreditación de la calidad de la educación superior se han desarrollado tanto a nivel de instituciones, como de programas de carreras o de posgrados (Lee & Cho, 2021). De igual modo, para los sistemas de educación superior en general como para casos particulares como los programas de formación en salud, deporte, ingeniería o el derecho, entre otros (Asadzandi et al., 2022). Los sistemas de calidad desarrollados por lo general se sustentan en la propuesta de modelos que evolucionan con el tiempo (Hadzhikoleva et al., 2022). Estos modelos establecen diferentes estándares de calidad que tienden a presentar múltiples puntos de coincidencias (Noda Hernández, et al, 2019).

Aunque cambian el alcance, la estructura, la prioridad o la denominación de las variables los modelos contemplan variables como: satisfacciones o percepciones de los estudiantes (Tan et al., 2021) student satisfaction, switching barriers on behavioural intentions among private higher education institutions (HEIs, el diseño curricular, el proceso de formación, el colectivo docente (Kooli & Abadli, 2021; Muljana et al., 2020), la investigación (Menoscal et al., 2022) the number of papers published in scientific journals indexed in the Web of Science, and the amount of Fondecyt projects (with state support; los recursos entre ellos la información (Acon-Matamoros & Trujillo-Cotera, 2019) is to obtain appropriate information to sustain continuous improvements in the Diplomaed, Bachelors and postgraduate program's to reach academic excellence. Consequently, one of the challenges faced by higher education, institutional policies and regulations is the consolidation and strengthening of the management of academic and other UNED dependencies, because of the culture of quality and excellence, and the ever-increasing demands of society. The Self-evaluation department of the Academic Quality Management Institute (IGESCA. También, se ha profundizado en el sistema de gestión, así como en la influencia en el entorno y de este en las instituciones (Al-Amri et al., 2020).

Si bien los modelos o sistemas de acreditación poseen puntos de contactos o coincidencias, de igual modo se observan diferencias entre algunos puntos de vista referente a elementos a considerar y su influencia en los resultados, por ejemplo: no existe consenso entre como considerar o ponderar la evaluación de aspectos cualitativos y(o) cuantitativos, lo complejo que resulta la medición de algunas variables, la relación entre los sistemas de acreditaciones nacionales y los niveles de autonomía universitaria (Chen, 2016) peer review is able to make fair judgment and comments in external evaluation to assure the higher education quality. Although the accreditation approach applies the conceptions of qualitative research

methods, such as triangulation for data collection during an evaluation procedure, the quality of qualitative evaluation has been challenged. It has been noticed that reviewers often conducted evaluations in a situated context and inevitably brought their own socio-cultural history and beliefs into the evaluation process. In order to remedy this problem, an objection and appeal system has been developed in Taiwanese higher education evaluation. The institution being evaluated can file an objection if they considered that the evaluation result is inconsistent with the facts. This study aims to investigate the major issues emerging from the objection reports and the corresponding replies, as well as to examine the gap between the educational quality of peer reviewers and institutional staff based on the objection reports. It provides an exploration of challenges of qualitative evaluation of higher education. Design/methodology/approach Applying content analysis methods, this study analyzed the objection reports of 1,156 programs during the 1st cycle of the program accreditation from 2006 to 2010. Findings Results showed that the institutions being evaluated tried to alter the conclusion of the on-site-visit reports by questioning the credibility of on-site visit report and providing more evidence (68.4%).

La diversidad de variables que son contempladas en los modelos de acreditación, así como la dificultad que implica la medición o evaluación de algunas de estas han motivado el desarrollo de investigaciones orientadas a la aplicación de métodos estadísticos o matemáticos para buscar un punto óptimo de solución, en este sentido se han valorado métodos para la toma de decisiones (Fesenko et al., 2022), la predicción de resultados (Ryabko et al., 2022) o la optimización de múltiples criterios (Makki et al., 2022).

Adicional a la complejidad que implica trabajar con una alta diversidad de indicadores en los que se debe procurar alcanzar valores alto u óptimos se incorpora el hecho de que generalmente la mejora de estos indicadores demanda de una inversión de recursos financieros que muchas veces resultan escasos por lo que las organizaciones se ven obligadas a buscar métodos que permitan optimizar el uso de sus recursos financieros para mejorar sus estándares de calidad (Rodríguez-Ponce et al., 2017).

Los institutos superiores también constituyen instituciones de educación superior que son o pueden ser objeto de acreditación (Martínez-Rojas et al., 2021) from the agency theory, the impact of the dual role phenomenon in the accreditation of professional institutes (PI. Los Institutos en función del país donde operen pueden tener características que lo diferencian de las Universidades y demandar de estándares de acreditación diferentes.

En Ecuador los institutos superiores son organizaciones de educación superior que deben responder a un reglamento de acreditación de la calidad, al tiempo que por lo general se orientan a una demanda de educación superior y presentan una oferta que asegura un flujo financiero de menor capacidad que la existente en las universidades. Esta situación resulta más notoria en los años de inicio de recuperación de la pandemia de Covid, donde en general la crisis económica nacional, regional y mundial es significativa y que impacta directamente en la capacidad financiera de las instituciones de educación superior y sus niveles de calidad.

En Ecuador el Modelo de Acreditación de los Institutos Superiores Técnicos y Tecnológicos (ISTT), es el primero que se elabora tras la entrada en vigencia de la modificación aprobada en el 2018 a la Ley Orgánica de Educación Superior (LOES). El artículo 95 de ese cuerpo legal establece: "...El Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior establecerá modelos que incluirán criterios y estándares cuantitativos y cualitativos, que las instituciones de educación superior, carreras y programas deberán alcanzar para ser acreditadas; entendiendo que el fin último es la calidad y no la acreditación."

Esta investigación se planteó como objetivo aplicar un método de optimización multiobjetivo que permitiera optimizar el uso del presupuesto disponible en un Instituto de Educación Superior y maximizar los estándares de calidad establecidos. La aplicación del método se realizó en uno de los Institutos Superiores Tecnológicos que operan en Ecuador. Se considera que en los resultados del método no están condicionado por el tipo de institución seleccionada, y las diferencias entre las instituciones solo se manifestaría en el comportamiento de la disponibilidad financiera y los presupuestos requeridos para la mejora de cada indicador.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología seguida estuvo compuesta por tres etapas: Descripción general de la problemática, modelación del problema, desarrollo del método de solución. Cada una de estas etapas se describen a continuación.

Descripción general de la problemática

El actual modelo de acreditación de los Institutos Superiores Técnicos y Tecnológicos del Ecuador cuenta con 6 criterios, 15 subcriterios y 42 indicadores, como se describe en la tabla 1.

Tabla 1. Estructura del modelo.

Criterio	Sub-criterio	Indicadores	Criterio	Sub-criterio	Indicadores	
Organización	Planificación y desarrollo	Planificación estratégica y operativa	Docencia	Formación académica	Programas de estudio de las asignaturas	
		Relaciones Institucionales			Afinidad formación-docencia	
		Aseguramiento interno de la calidad			Seguimiento, control y evaluación del proceso docente	
		Sistema informático de gestión			Asignaturas con cobertura bibliográfica adecuada	
	Gestión social	Igualdad de oportunidades			Publicaciones docentes	
		Ética y transparencia			Aulas	
		Bienestar psicológico			Formación complementaria	
Profesores	Selección y formación previa	Selección de profesores			Informatización del proceso de enseñanza	Entorno virtual de aprendizaje
		Formación posgrado				Informatización en el aprendizaje
		Experiencia práctica de profesores TC		Formación ciudadana	Educación ambiental y desarrollo sostenible	
		Ejercicio profesional práctico (MT y TP)			Formación en valores y desarrollo de habilidades blandas	
	Organización y Desarrollo	Titularidad de profesores TC y MT			Formación práctica	Formación práctica en el entorno académico
		Carga horaria semanal de los profesores TC		Formación práctica en el entorno laboral real		
		Evaluación de profesores	Biblioteca	Funcionamiento de la biblioteca		
	Formación curso	Acervo de la biblioteca				
	Remuneración	Remuneración promedio TC y MT	Infraestructura	Infraestructura básica	Puestos de trabajo	
		Remuneración promedio TP			Seguridad y salud ocupacional	
Investigación+ Desarrollo e Innovación	I+D y Publicaciones científicas y técnicas	Investigación y desarrollo			Accesibilidad física y espaciamiento	
		Publicaciones y eventos científicos			Ancho de banda	
Innovación	Innovación y capacidad de absorción					
Vinculación con la sociedad	Planificación y ejecución de la vinculación	Innovación				
	Presencia en la comunidad	Presencia de la institución en la comunidad				

Fuente: elaboración propia.

Un análisis de los estándares establecidos para cada indicador permite establecer que la inversión de capital para la mejora de los indicadores resulta variable, no todos los indicadores requieren una erogación directa de financiamiento y pueden ser mejorados con acciones organizativas que son financiadas a partir de los gastos operativos tradicionales de las instituciones. Sin embargo, otros indicadores requieren de un financiamiento adicional.

De acuerdo con las condiciones existente en la entidad objeto de estudio se establecieron 22 indicadores con requerimientos financieros adicionales y 18 que no requerían. En la tabla 1, los indicadores que se consideran no demandan de un financiamiento adicional, son los sombreados, esta clasificación puede mostrar ligeras variaciones en función de los criterios y condiciones de cada institución.

Tabla 2. Datos sobre los indicadores a modelar

Indicador	Peso	Presupuesto necesario	Indicador	Peso	Presupuesto necesario
Sistema informático de gestión	0,03	1000	Asignaturas con cobertura bibliográfica	0,0147	2500
Puestos de trabajo de los profesores	0,025	2000	Publicaciones docentes	0,0147	500
Seguridad y salud ocupacional	0,025	500	Aulas	0,0147	1000
Accesibilidad física y esparcimiento	0,025	2000	Acompañamiento pedagógico a estudiantes	0,0147	7000
Ancho de banda	0,025	250	Relación con los graduados	0,0147	1500
Experiencia profesional práctica TC	0,022	1000	Entorno virtual de aprendizaje	0,0147	500
Formación en curso y capacitación	0,022	2000	Informatización en el aprendizaje	0,0147	1000
Investigación y desarrollo	0,04	3000	Formación práctica en el entorno real	0,0147	2000
Publicaciones y eventos científicos	0,04	500	Funcionamiento de la biblioteca	0,0147	2500
Innovación y capacidad de absorción	0,04	3000	Acervo de la biblioteca	0,0147	7500
Planificación y ejecución de la vinculación	0,05	1500	Remuneración promedio TC y MT	0,022	
Presencia de la institución en la comunidad	0,05	1000	Remuneración promedio TP	0,022	
Carga horaria semanal de los profesores TC				0,022	

Nota: para los fines de esta investigación no se considera necesario detallar las razones del presupuesto, y solo se aclara que responden a las condiciones existente en la entidad objeto de estudio

Fuente: elaboración propia.

Los indicadores que demandan de un financiamiento, así como el peso o importancia relativa de estos indicadores y el presupuesto estimado como necesario para la mejora del indicador en la entidad objeto de investigación seleccionada se muestra en la tabla 2.

Modelación del problema

En la concepción del modelo se asume un modelo aditivo ponderado donde la función objetivo a maximizar se puede definir por la expresión 1.

$$\text{Max FO} = \sum_{i=1}^n P_i * E_i \quad (1)$$

Donde:

Pi: Peso del indicador i

Ei: Estado o evaluación del indicador i

Los indicadores de acuerdo con el modelo, se evalúan en una escala de 1 a 100, siendo 100 el valor ideal. Los indicadores que fueron excluidos del análisis por considerarse alcanzable, al menos desde el punto de vista de la restricción financiera, aportan el 0,3929 del valor máximo de la función objetivo. Por lo que el máximo a alcanzar de la función objetivo sería el complemento 0,6071. Estos indicadores conforman el grupo de indicadores sin presupuesto (ISP).

En los indicadores que se encuentran en el análisis hay dos tipos de indicadores. El primer grupo de indicadores está integrado por tres indicadores: Remuneración promedio tiempo completo (TC) y medio tiempo (MT), Remuneración promedio tiempo parcial (TP) y la Carga horaria de los profesores tiempo parcial. Estos tres indicadores se encuentran muy interrelacionados entre sí y por su naturaleza demandan de un análisis independiente dado que en cualquier alternativa la institución tiene la obligación de asegurar un cubrimiento mínimo de su presupuesto, el cual resulta altamente significativo respecto al total de la disponibilidad financiera existente. Estos indicadores conforman el grupo de indicadores de Remuneración (IR).

El segundo grupo donde se encuentran la mayoría de los indicadores, que por lo general en el modelo se definen a partir de estándares cualitativos, pero que pueden ser expresados como la relación entre el presupuesto que se le asigne al indicador y el presupuesto que se estime como necesario para alcanzar el estado deseado. Entre estos indicadores se ubican algunos de carácter cuantitativos pero que de igual forma tienen una alta dependencia del presupuesto que se le asigne y pueden ser expresado en su evaluación en función de la relación presupuestaria que se logre. Estos indicadores conforman el grupo de indicadores con presupuesto variable (ICPV).

De acuerdo con lo anterior la función objetivo se podría plantear como la suma de los aportes (A) de los tres grupos de indicadores según la expresión 2.

$$\text{Max FO} = \text{AISP} + \text{AIR} + \text{AICPV} \quad (2)$$

El grupo de indicadores relacionados con la remuneración (AIR) se encuentra condicionado por otras variables como:

- Cantidad de horas clases según el diseño curricular aprobado
- Cantidad de niveles de cada carrera
- Cantidad de carreras en ejecución
- Cantidad de paralelos por nivel
- Cantidad de horas clases diarias

De igual modo el modelo define que los docentes en función de su tipología, no deben impartir como promedio en una semana la cantidad de horas siguientes: TP 11 horas, MT 12 horas y TC 18 horas.

El modelo de acreditación establece para el indicador de carga horaria (CH) la expresión 3.

$$\text{CH} = \frac{\text{Total de horas clases de TC y MT}}{32 * (\text{TC} + 0,5 \text{ MT})} \quad (3)$$

Considerando la cantidad de horas clases diarias, y de días de clases a la semana, así como la cantidad de paralelos, carreras y semanas de clases por calendario académico el total de horas clases al año sería de 8000. Por política institucional y en función de la disponibilidad financiera y de intereses de desarrollo de la institución se define asumir el 50% de la carga horaria con docentes tiempo parcial, lo que hace que el total de horas clases de los docentes tiempos medios será de 4000 horas clases para los docentes. De igual modo considerando que modelo de acreditación establece como estándar para este indicador un valor de 18 horas clases a la semana para los docentes tiempo completo la expresión 3 se pueden expresar como la 4.

$$\text{CH} = 0,144 * \text{TC} + 0,072 * \text{MT} \quad (4)$$

En lo referente a la remuneración de los docentes el modelo define como estándar deseado una remuneración mensual promedio de los TC de 1100\$ (Salario Básico (SB)) y una tarifa horaria (TH) pago por hora de los TP de 13 \$/h. Como fórmula de cálculo para la remuneración de los docentes TC y MT se establece la expresión 5.

$$\text{RTC} = \frac{\text{MSA}}{12(\text{TC} + 0,5\text{MT})} \quad (5)$$

Donde:

MSA: Masa salarial anual para al pago de los TC y MT

Asociado a este estándar se deben considerar requisitos que establecen las leyes nacionales como es el pago de un décimo tercer salario en el año y un pago de un salario mínimo a todos los docentes con relación de dependencia. El salario mínimo se establece en 425\$. De igual modo se debe considerar los pagos que por ley debe erogar el empleador por cada docente con relación de dependencia. En función de esto surgen dos expresiones diferentes una para evaluar el indicador y la otra para determinar el costo de la remuneración.

Con toda esta información la expresión anterior se puede transformar en la expresión 6 para el indicador.

$$RTC = \frac{(425+13*SB)*TC+(425+6.5*SB)*MT}{13200*TC+6600*MT} \quad (6)$$

De igual modo el indicador de remuneración de los docentes tiempo parcial se determina por la expresión 7.

$$RTP = \frac{TH}{13} \quad (7)$$

Mientras el costo total (CT) de la remuneración se debe determinar por la expresión 8.

$$CT = (425+15.4576*SB) *TC + (425+7.729*SB) *MT + TH*TP*11*32 \quad (8)$$

El aporte a la función objetivo para este grupo de indicadores se establece en la expresión 9.

$$AIR = 0,022*(CH+RTC+RTP) \quad (9)$$

En el otro grupo de indicadores (ICPV), más generales, los indicadores que lo integran por lo general se pueden definir a través de la expresión 10.

$$E_i = \frac{PA_i}{PN_i} \quad (10)$$

Donde:

PA_i: Presupuesto asignado al indicador i

PN_i: Presupuesto necesario para el indicador i

En estos casos los presupuestos necesarios serían datos de entradas del modelo, y por tanto para cada caso valores constantes. El aporte a la función objetivo para este grupo de indicadores (AICPV) se puede establecer en la expresión 11.

$$AICPV = P_i * \sum_{i=1}^n E_i \quad (11)$$

Restricciones

Para enfrentar toda la demanda presupuestaria las instituciones de educación de carácter privado tienen como única vía de ingresos, el pago de las matrículas y aranceles de los estudiantes. En el caso de la entidad objeto de estudio este valor en el momento en que se desarrolla la investigación es de 570\$ por período de igual modo el ingreso depende de la cantidad de estudiantes la que a su vez se estima en función de la cantidad de estudiantes por paralelos, niveles y carrera, valor que se estimó en 150 estudiantes. Por tanto, el total de ingresos estimado es de \$ 85 500.00.

Al total de ingreso se le debe sustraer el total de gastos fijos en los que debe incurrir el instituto todo el año y que no se relaciona de forma directa con los indicadores del modelo. El total de gastos fijos no relacionados al año asciende a \$ 25 500.00. Por tanto, la disponibilidad financiera con que cuenta la institución para enfrentar la demanda de presupuesto para la mejora de su calidad de acuerdo con el modelo establecido es de \$ 57 000.00. Este valor constituye la principal restricción del modelo a resolver.

Desarrollo del método de solución

Para la modelación del problema planteado se asumió la siguiente estrategia: optimizar ambos grupos de indicadores de manera independiente, asignando el 60 % (\$ 34 200.00) de la disponibilidad financiera a la remuneración docente, este valor se corresponde con el comportamiento histórico que se asigna a la remuneración en las entidades de educación superior, el 40 % (\$ 22 800.00) restante se asigna para atender al resto de los indicadores que se encuentran en análisis. Para el diseño de la solución se recurrió a la programación en Matlab.

Para la solución del primer grupo de indicadores se estableció inicialmente la estrategia siguiente:

- Jerarquizar los indicadores de acuerdo con su peso

- Definir por cada indicador un ciclo anidado de opciones, oscilando cada indicador entre un valor de 0 hasta el total de valor del presupuesto necesario para cada indicador
- Determinar el valor de la función objetivo por cada variación de indicadores
- Identificar y conservar aquella combinación de indicadores que permitiera mejorar la función objetivo siempre y cuando la solución encontrara no generara un consumo de presupuesto superior a la disponibilidad financiera.

La materialización de la estrategia diseñada para el primer grupo demandó de un grupo de ajustes para poder arribar a una solución factible. Considerando que son 22 indicadores y que el menor de los presupuestos a asignar es de 500, lo que suponía un valor excesivamente alto de combinaciones imposible de poder resolver con los computadores tradicionales, se asumió establecer las variaciones de los indicadores en valores porcentuales, con una precisión de un 5% lo que reducía la variación de los indicadores a 21 por cada indicador. Aun así, el total de variaciones para los 22 indicadores en análisis resultaba excesivamente alto con un total superior a $8 \cdot 10^{22}$ lo que resultaba superior al valor técnica y temporalmente posible de procesar.

Antes de esta problemática estableció la estrategia de reducir el número de combinaciones a partir de identificar que los 22 indicadores en análisis podían ser agrupados en 6 a partir de que solo existen 6 tipos de indicadores en función de su peso. De igual modo se asumió como política, considerando la necesidad de poder responder a la mayor cantidad de indicadores posibles y que dentro

de cada uno de los 6 grupos de indicadores todos los indicadores aportan por igual a la función objetivo. Se establecieron los 6 ciclos cada uno con 21 valores posibles lo que significaba un total de algo más de $2 \cdot 10^{16}$ un valor técnica y temporalmente posible de analizar.

Para el segundo grupo de indicadores se estableció una estrategia similar en lo referente a los ciclos de indicadores, con la diferencia que el número de variaciones resultaría mucho menor y con otras diferencias como:

- Se estableció como política de la institución que el máximo de docentes TP no excediera el 50%, el porcentaje restante se integraba por docentes TC o MT según la mejor opción económica.
- Se establece un ciclo de variación del salario mensual (SM) de los TC desde 450\$ (valor cercano al salario mínimo) hasta 1100\$ valor establecido como estado deseado. La precisión de cambio de salario se establece de 10\$ para reducir el número de variaciones.
- Se establece una variación del pago de la hora de los docentes TP desde los 5\$ (valor actual, considerado bajo) hasta los 13\$ valor que establece el estándar. Se asume una precisión de 1\$
- Se definen 4 ciclos de variación (TC, MT, SM y TH), en el interior de estos cuatro ciclos se calcula para cada variación el salario mensual para identificar y conservar aquella combinación de cantidad de docentes, salarios y pagos por hora a los TC que permitiera la mayor remuneración para los docentes y por tanto un mejor valor de la función objetivo al tiempo que no superara la disponibilidad financiera.

La lógica descrita anteriormente se representa en la figura 5.

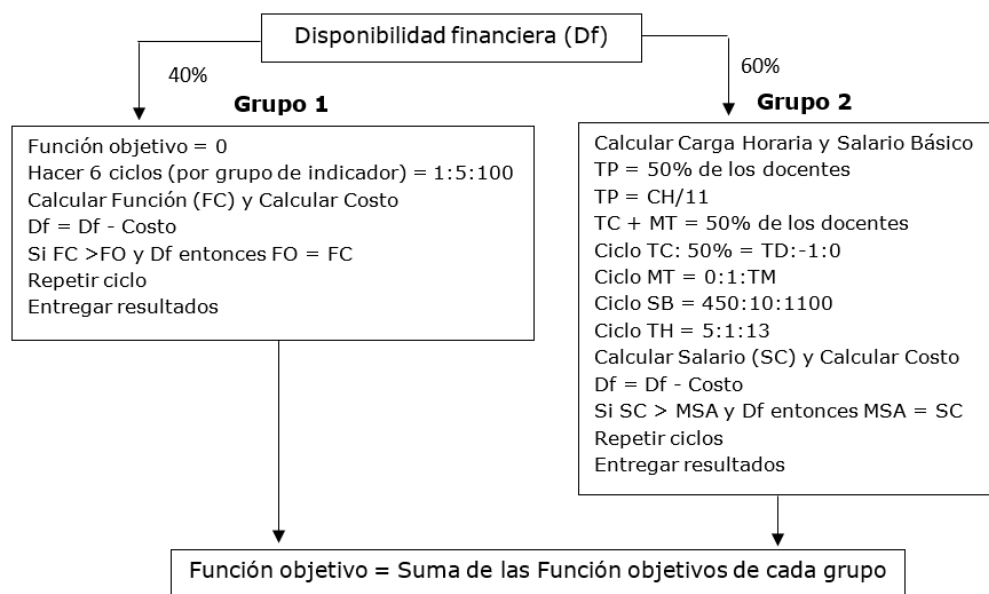


Figura 5. Lógica de solución del problema.

Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS

Una vez programadas y ejecutada la programación se obtuvieron los resultados que a continuación se describen. El análisis se inició por el primer grupo de indicadores donde luego de 1705 interacciones solo 13 de ellas permitieron una mejoría de la función objetivo, como se puede apreciar en la figura 7.

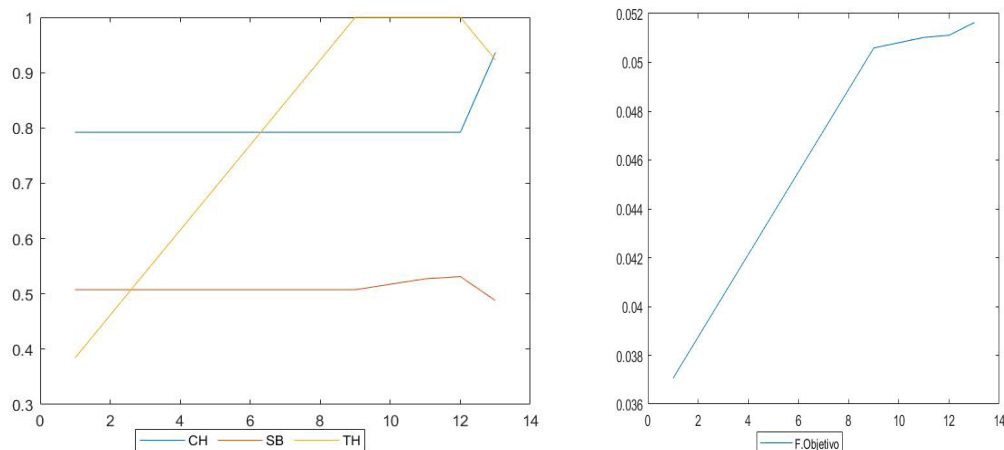


Figura 7. Optimización del primer grupo de indicadores.

Fuente: elaboración propia.

El máximo valor a alcanzar en esta función objetivo es de 0,066 como se puede apreciar se alcanzó el valor de 0,0516 esto se debe a los bajos niveles de disponibilidad financiera existente en la entidad objeto de estudio. Con el presupuesto disponible es posible pagar una tarifa horaria de 12 \$/hora a los tiempos parcial y emplear un total de 12 docentes a tiempo parcial, en cambio se deben contratar a 4 docentes tiempos completos y otros 5 medios tiempos los que recibirían un salario de 450. Estos valores representarían un gasto total de \$ 99 727.00 al año. El indicador de carga horaria alcanzaría un valor de 0.9231, el de remuneración de los docentes tiempo parcial de 0.936 y de remuneración de los docentes tiempos completos y medios tiempos de 0.4878.

En el segundo grupo de indicadores las interacciones resultaron mucho más numerosas se registraron un total de 186 367 762 como se puede apreciar en la figura 8 las interacciones mostraron una tendencia creciente en la función objetivo. De estas interacciones un total de 443 contribuyeron a la mejora de la función objetivo del grupo 2. La función objetivo alcanzó un valor de 0.4651 de un máximo posible a alcanzar 0.5411.

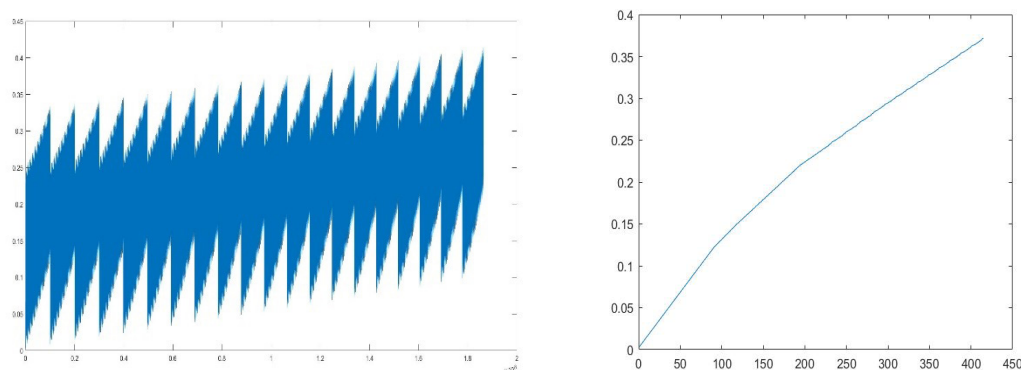


Figura 8. Mejora de la función objetivo del segundo grupo de indicadores.

Fuente: elaboración propia.

La contribución a la mejora de cada uno de los grupos de indicadores que integran el grupo dos del análisis se muestra en la figura 9. Los 5 primeros grupos tienden a alcanzar valores relativamente altos en su contribución a la función objetivo: Vinculación (0,096), Investigación (0,1152), Sistema informático de gestión (0,0588), Infraestructura (0,116), Profesores (0,04224), Formación Académica (0,03686). Como se puede apreciar los grupos 2, 3 y 4 oscilan en valores altos buscando optimizar la función objetivo, solo el grupo 6 tiende a mostrar un valor relativamente bajo para propiciar que otros grupos de indicadores con mayor peso en la función objetivo alcanzaran valores altos y contribuir de esta forma a un mejor valor de la función objetivo. Esto se logró con un costo total de 2810 lo que significa un aprovechamiento del presupuesto disponible del 97.70%.

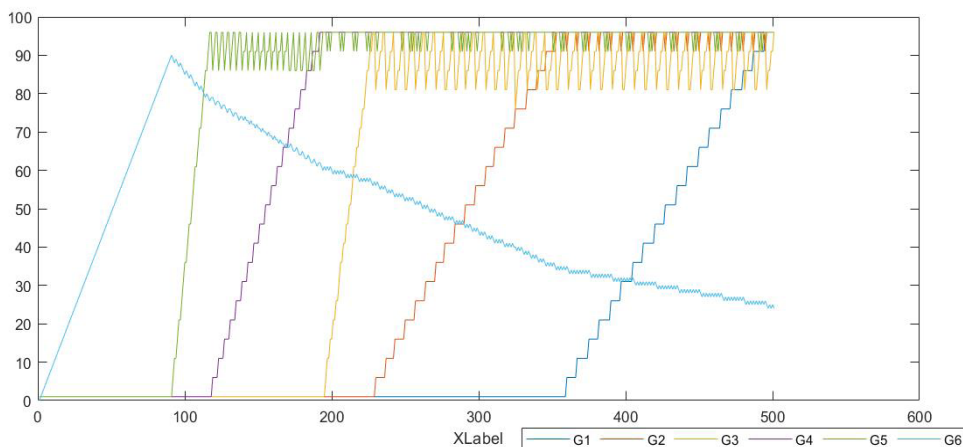


Figura 9. Comportamiento de los 6 grupos de indicadores del segundo grupo en análisis.

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 3 se muestra un resumen de los valores relacionados con cada uno de los indicadores. Como se puede apreciar se logra cubrir en gran parte la mayoría de los presupuestos solicitados para los indicadores con excepción de los indicadores del grupo relacionados con la docencia. De igual modo se logra aprovechar en gran medida la disponibilidad financiera para el grupo de indicadores.

Tabla 3. Resumen del comportamiento de los indicadores.

Grupo	Presupuesto Asignado	Indicadores	Presupuesto Necesario	Presupuesto Asignado
Vinculación	2400	Planificación y ejecución de la vinculación	1000	960
		Presencia en la comunidad	1500	1440
Investigación	5400	Publicaciones y eventos científicos y técnicos	2500	2400
		Publicaciones y eventos científicos y técnicos	1000	960
		Publicaciones y eventos científicos y técnicos	2500	2400
Sistema informático de gestión	1000	Sistema informático de gestión	1000	960
Infraestructura	4560	Puestos de trabajo	2000	1920
		Ancho de banda	250	240
		Seguridad Laboral	500	480
		Accesibilidad	2000	1920
Profesores	3000	Experiencia práctica profesional	1000	960
		Formación de cursos de capacitación	2000	1920

Grupo	Presupuesto Asignado	Indicadores	Presupuesto Necesario	Presupuesto Asignado
Docencia	6120	EVA	500	125
		Aula	1000	250
		Informatización	1000	250
		Relación con graduados	1500	375
		Formación práctica entorno real	2000	500
		Cobertura bibliográfica	2500	625
		Biblioteca	2500	625
		Acompañamiento al estudiante	7000	1690
		Acervo Bibliográfico	7500	1810
		Total	42750	22810

Fuente: elaboración propia.

La contribución de los tres grupos de indicadores se muestra en la figura 10.

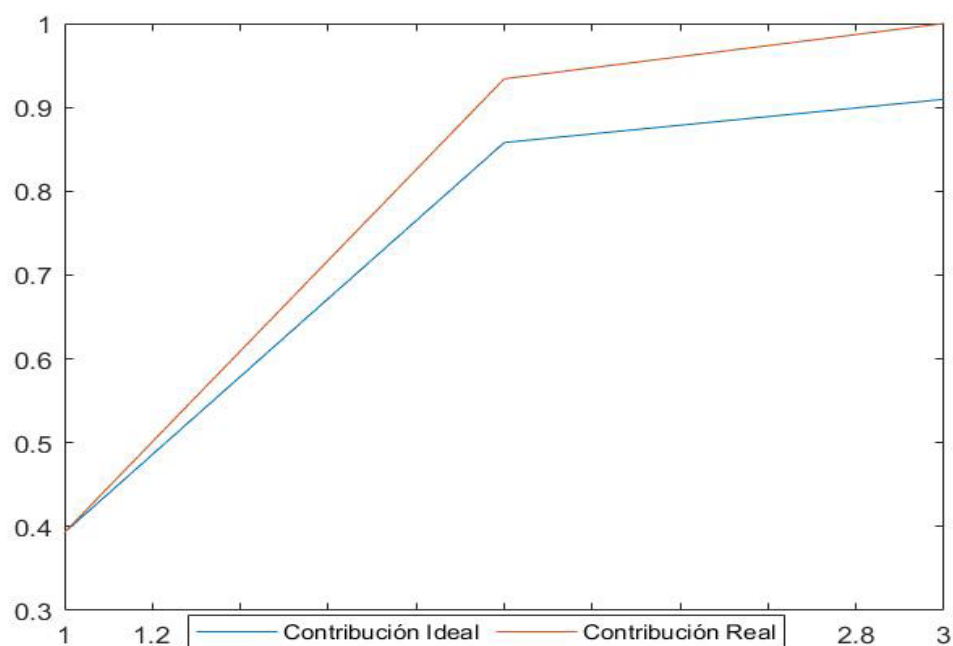


Figura 10. Contribución de los tres grupos de indicadores.

Fuente: elaboración propia.

La investigación desarrollada constituye un aporte adicional a los presentados por investigaciones previas orientadas a mejorar la calidad de la oferta de las instituciones de educación superior en Ecuador (Guerra Bretaña & Orozco Inca, 2020; Juanes Giraud, 2022) conceptual basis, and standards of accreditation. The e results showed that the structure of models is based on six macro-dimensions: A en general y en particular en el contexto de los institutos de educación superior (Martínez-Rojas et al., 2021; Vargas Quispe et al., 2022) from the agency theory, the impact of the dual role phenomenon in the accreditation of professional institutes (PI).

De igual modo la presente investigación reconoce y enfrenta la problemática relativa a las limitaciones presupuestarias que ha sido analizadas por otros investigadores (Rodríguez-Ponce et al., 2017). En este mismo sentido y considerando

otras limitaciones como la diversidad de variables que son incluidas en los modelos de acreditación esta investigación constituye otro aporte y esfuerzo que busca contribuir a la solución de la problemática a partir de la aplicación de métodos de toma de decisiones multicriterio (Makki et al., 2022).

CONCLUSIONES

La aplicación del proceso descrito permitió un proceso de decisiones que facilitaba una mejora de los indicadores de acreditación en el marco de las limitaciones presupuestarias que la disponibilidad financiera permitía. De esta forma se contribuye a la mejora de la calidad de instituciones de educación superior a pesar de la existencia de limitaciones financieras.

En la entidad objeto de estudio existe un bajo nivel de disponibilidad financiera que limita considerablemente el logro de estándares importantes como altos niveles de remuneración de los docentes. Esta limitación puede ejercer una alta influencia en el logro de otros indicadores, aun cuando no sea posible establecer matemáticamente la incidencia su influencia en otros indicadores. A pesar de esta dificultad la aplicación del modelo permitió una distribución del presupuesto que debe favorecer la mejora de la calidad de la educación superior en la institución.

El desarrollo de la investigación permitió establecer un grupo de inquietudes sobre el diseño del modelo de acreditación existente, que escapan al alcance y objetivo de la investigación pero que se considera útil poder señalar, como es la distribución equitativa del mismo peso para todos los indicadores que integran un criterio, lo que provoca que indicadores claves vinculados con la docencia (cualquier indicador posee un peso de 0.0147) posean mucho menor peso que otros indicadores relacionados por ejemplo con la vinculación (los indicadores de este criterio posee un peso de 0.05).

No se descarta la posibilidad de desarrollar otras formas de solución del problema que permitan mejoras en los resultados obtenidos, de igual forma resultaría pertinente explorar otros métodos que permitan corroborar los resultados alcanzados en esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acon-Matamoros, A., & Trujillo-Cotera, A. (2019). Analysis of the information in the academic management, required in the self-evaluation processes of the UNED. En Carrasquero J.V., Callaos N.C., Sanchez B., Welsch F., & Tremante A. (Eds.), ICSIT - Int. Conf. Soc. Inf. Technol., Proc. (pp. 37-41). International Institute of Informatics and Systemics, IIS. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85065960406&partnerID=40&md5=362cf24f2475bf0b89011904a641bd19>
- Al-Amri, A. S., Mathew, P., Zubairi, Y. Z., & Jani, R. (2020). Optimal Standards to Measure the Quality of Higher Education Institutions in Oman: Stakeholders' Perception. *SAGE Open*, *10*(3). <https://doi.org/10.1177/2158244020947440>
- Asadzandi, S., Mohammadi, A., Esteghamati, A., Mojtahedzadeh, R., Hashemian, A., & Jabbari, M. (2022). Development of an Accreditation System for Evaluating Biomedical Scientific Associations Through a Participatory Process in Iran. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*, *36*(1). <https://doi.org/10.47176/mjiri.36.63>
- Chen, K. H.-J. (2016). Challenges of qualitative evaluation: Different views of reviewers and university staff in the program accreditation of higher education. *Contemporary Educational Research Quarterly*, *24*(2), 75-109. <https://doi.org/10.6151/CERQ.2016.2402.03>
- Fesenko, T., Ruban, I., Karpenko, K., Fesenko, G., Kovalenko, A., Yakunin, A., & Fesenko, H. (2022). Improving of the decision-making model in the processes of external quality assurance of higher education. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, *1*(3-115), 74-85. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253351>
- Fontalvo, T. J., Delahoz-Dominguez, E. J., & Morelos, J. (2021). Design of an integrated quality management system for Colombian higher education academic programs. *Formación Universitaria*, *14*(1), 45-52. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062021000100045>
- Hadzhikoleva, S., Uzunov, A., Hadzhikolev, E., & Cheresharov, S. (2022). Conceptual Model of a Quality Assurance System in Higher Education. *Int. Symp. INFOTEH-JAHORINA, INFOTEH - Proc.* <https://doi.org/10.1109/INFOTEH53737.2022.9751316>
- Juanes Giraud, B. Y. (2022). Process of evaluation and accreditation of careers in the Ecuador. *Universidad y Sociedad*, *14*(1), 536-542.

- Kooli, C., & Abadli, R. (2021). Could Education Quality Audit Enhance Human Resources Management Processes of the Higher Education Institutions? *Vision*. <https://doi.org/10.1177/09722629211005599>
- Kumar, V., Akhter, Y., & Ji, G. (2022). Performance-based evaluation and funding model for central universities in India: A preliminary assessment. *Quality in Higher Education*. <https://doi.org/10.1080/13538322.2021.2017396>
- Lee, D. D.-H., & Cho, S.-J. (2021). Predicting the outcomes of the Korean national accreditation system for higher education institutions: A method using disclosure data for outsiders. *Asia Pacific Education Review*, 22(4), 715-728. <https://doi.org/10.1007/s12564-021-09710-z>
- Makki, A. A., Sindi, H. F., Brdese, H., Alsaggaf, W., Al-Hayani, A., & Al-Youbi, A. O. (2022). Goal Programming and Mathematical Modelling for Developing a Capacity Planning Decision Support System-Based Framework in Higher Education Institutions. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/app12031702>
- Martínez-Rojas, E., Zencovich-Burdiles, N., Martínez-Quezada, A., & Fernández-Céspedes, M. (2021). The agency theory: The dual role and its impact on the accreditation of professional institutes and technical training centers in Chile. *Formacion Universitaria*, 14(5), 137-144. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062021000500137>
- Menoscal, S. E. D., Carriera, R. S., Revelo, E. R., Antepará, E. J. H., & Payaré, R. J. R. (2022). University formation for the scientific investigation: experiences at Guayaquil's University. *Universidad y Sociedad*, 14(S1), 355-364.
- Muljana, P. S., Nissenson, P. M., & Luo, T. (2020). Examining Factors Influencing Faculty Buy-in and Involvement in the Accreditation Process: A Cause Analysis Grounded in Systems Thinking. *Tech Trends*, 64(5), 730-739. <https://doi.org/10.1007/s11528-020-00526-z>
- Noda Hernández, M., Addine Fernández, F., García Bastida, G., Álvarez J.C. A. (2019). *Aprendizaje y tensiones obtenidos en el análisis de los resultados y efectos de la autoevaluación institucional de las instituciones de educación superior cubanas. Aseguramiento de la calidad de la educación superior: Debates y experiencia*. CACES.
- Rodríguez-Ponce, E., Pedraja-Rejas, L., Delgado-Almonte, M., & Ganga-Contreras, F. (2017). The relation between financial management and quality in higher education institutions. *Interciencia*, 42(2), 119-126.
- Ryabko, A. V., Zaika, O. V., Kukharchuk, R. P., Vakaliuk, T. A., & Osadchyi, V. V. (2022). Methods for predicting the assessment of the quality of educational programs and educational activities using a neuro-fuzzy approach. En Semerikov S.O., Shyshkina M.P., & Kiv A.E. (Eds.), *CEUR Workshop Proc.* (Vol. 3085, pp. 154-169). CEUR-WS;
- Tamrat, W. (2022). The nuts and bolts of quality assurance in Ethiopian higher education: Practices, pitfalls, and prospects. *Journal of Education Policy*, 37(3), 443-460. <https://doi.org/10.1080/02680939.2020.1852604>
- Tan, P. S. H., Choong, Y. O., & Chen, I.-C. (2021). The effect of service quality on behavioural intention: The mediating role of student satisfaction and switching barriers in private universities. *Journal of Applied Research in Higher Education*. <https://doi.org/10.1108/JARHE-03-2021-0122>