

## PRIORIZACIÓN DE LA FINANCIACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

RAFAEL VERÃO FRANÇOZO - VILMA DOS SANTOS RAMOS - JEAN JACKSON MARTINEZ  
DOS SANTOS - FELIPE FERNANDES DE OLIVEIRA

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul - Campo  
Grande-Brasil

*rafael.francozo@ifms.edu.br - vilmaramosms@gmail.com - jean.santos@ifms.edu.br -  
felipe.oliveira@ifms.edu.br*

Fecha recepción: diciembre 2023 - Fecha aprobación: abril 2024

ARK CAICYT: <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18539777/arp3jj3l3>

### RESUMEN

Las Instituciones de Educación Superior (IES) tienen un ciclo de difusión de convocatorias enfocadas en la selección de propuestas de Investigación y Desarrollo (I&D). En general, dichas convocatorias proporcionan recursos en forma de becas pagadas a los estudiantes, así como financiación para la adquisición de materiales permanentes y/o consumibles para el desarrollo del proyecto. La limitación de los recursos disponibles hace necesario que se establezcan criterios para priorizar que un determinado proyecto reciba financiación. Este estudio presenta un modelo de priorización de propuestas de investigación y desarrollo para su financiamiento. Para ello, en primer lugar, se identifican y estructuran los objetivos de la convocatoria, utilizando el enfoque del Pensamiento Centrado en el Valor. En segundo lugar, los responsables de la toma de decisiones comparan las propuestas, par a par, utilizando el método multicriterio de apoyo a la toma de decisiones del Proceso Analítico Jerárquico (PAJ). El estudio resultó en un *framework* de priorización que permite identificar los objetivos basados en los valores de los *stakeholders* y, a partir de ellos, establecer criterios más claros para juzgar las propuestas.

**PALABRAS CLAVE:** Toma de decisiones en grupo – Gestión de recursos de I&D - Priorización - Pensamiento centrado en el valor.

### ABSTRACT

Higher Education Institutions (HEIs) have a cycle of public notices focusing on the selection of Research and Development (R&D) proposals. In general, these calls for proposals provide resources in the form of grants paid to students, as well as funding for the purchase of permanent and/or consumable materials for the development of the project. The limited resources available make it necessary to establish criteria to prioritize a given project for funding. This study presents a model for prioritizing R&D proposals for funding. To achieve this, firstly the objectives of the call for proposals are identified and structured using the Value-Focused Thinking (VFT) approach. Secondly, the

proposals are compared pair by pair by the decision-makers using the multi-criteria decision support method Analytic Hierarchy Process (AHP). The study resulted in a prioritization framework that makes it possible to identify objectives based on stakeholder values and, based on these, to establish clearer criteria for judging the proposals.

**KEYWORDS:** Group decision making - R&D resource management – Prioritization - Value-focused thinking.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las Instituciones de Educación Superior (IES) cuentan con un ciclo de difusión de avisos públicos enfocado en la selección de propuestas de iniciación científica y tecnológica, innovación, inclusión, entre otras. En general, dichos avisos proporcionan recursos en forma de becas pagadas a los estudiantes, así como para el financiamiento a través de la adquisición de materiales permanentes y/o consumibles para el desarrollo del proyecto. Las convocatorias suelen contar con un gran número de solicitantes, lo que hace necesario adoptar criterios para priorizar las propuestas a contemplar con recursos financieros.

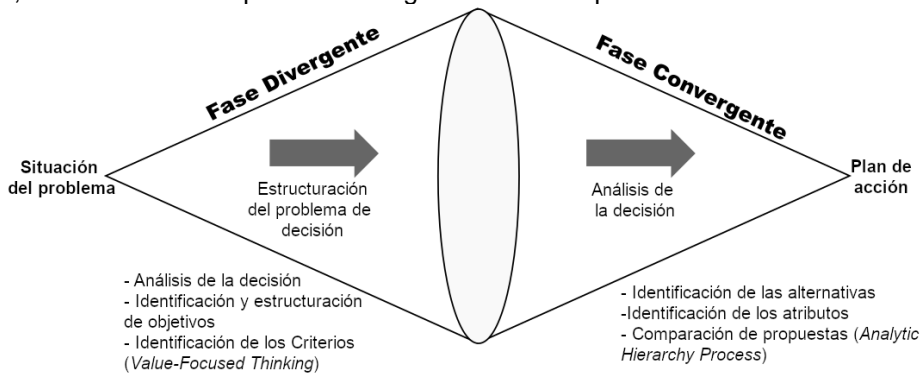
Definir los criterios para priorizar un determinado proyecto sobre otro es un problema complejo que involucra múltiples perspectivas, objetivos contrapuestos y falta de información clara (Graddy-Reed y Lanahan, 2023). Estas son características de las situaciones problemáticas a las que se aplican los métodos de estructuración de problemas, como el Pensamiento Centrado en el Valor (VFT, *Value-Focused Thinking*) (Keeney, 1992). VFT es un Método de Estructuración de Problemas (PSM, *Problem Structuring methods*), una familia de métodos que tiene como objetivo tratar problemas de decisión mal definidos (Mingers y Rosenhead, 2004). El VFT se centra en identificar y estructurar los objetivos de los responsables de la toma de decisiones en función de sus valores. Keeney (1996) señala que los resultados pueden ser más fiables cuando cumplen con los objetivos basados en los valores de los agentes.

En este sentido, este estudio tiene como objetivo proponer un modelo de priorización de propuestas de investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación de una institución de educación superior (IES). El modelo propuesto se construye utilizando un enfoque multimetodológico que involucra los métodos de estructuración de problemas VFT, para la identificación de objetivos y criterios, y Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) o (AHP, *Analytic Hierarchy Process*) para la clasificación de propuestas.

La investigación está organizada de la siguiente manera: en el próximo capítulo se presenta la metodología utilizada en este estudio, así como los fundamentos del Pensamiento Centrado en el Valor (VFT) y el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ). Los resultados están expuestos con la aplicación de la metodología en un escenario controlado. Finalmente, se presentan las conclusiones del estudio.

## 2. METODOLOGÍA

El desarrollo de este estudio se apoyó en el marco metodológico aportado por Franco y Montibeller (2010); Ferretti y Grosso (2019); Abuabara *et al.* (2019) para intervenciones en situaciones problemáticas no estructuradas. Este enfoque se divide en dos fases. La primera fase se denomina divergente y se caracteriza por la ausencia de información clara y estructurada, objetivos ocultos y/o intangibles, múltiples tomadores de decisiones. La segunda fase se denomina convergente cuando se definen los objetivos y se recogen debidamente los criterios de evaluación. En la FIGURA 1, se muestra una representación gráfica del enfoque.



**FIGURA 1.** Enfoque metodológico adoptado (Adaptada de Abuabara *et al.*, 2019).

En este estudio, se utilizó el enfoque de *Pensamiento Centrado en el Valor* (PCEV) en la fase divergente. para identificar y clasificar los objetivos relacionados con la convocatoria de investigación aplicada e innovación de la IES bajo análisis. En la fase convergente, se adoptó el Método Multicriterio de Apoyo a la Decisión (Proceso Analítico Jerárquico, *Analytic Hierarchy Process*, AHP) para definir las prioridades de los criterios y comparar las alternativas. A continuación, se presenta una breve descripción de los métodos.

### 2.1 Pensamiento centrado en el valor

El Pensamiento Centrado en el Valor (*Value-Focused Thinking*) fue introducido en la literatura, en 1992, por Ralph L. Keeney y descrito en su libro *Pensamiento Centrado en el Valor: un camino hacia la toma de decisiones creativas* (*Value-Focused Thinking: a path to creative decisionmaking*), así como en numerosas publicaciones (Parnell *et al.*, 2013). Keeney (1992) señala que los métodos aportados por la literatura hasta entonces requerían objetivos claros, sin embargo, tales objetivos no siempre están claros en un problema de decisión. El VFT ofrece un conjunto creativo de pasos para alcanzar objetivos basados en los valores de los involucrados (Françozy y Belderrain, 2023).

El VFT se aplica, en la literatura, con diferentes configuraciones, según el problema a abordar (Françozy y Belderrain, 2022). En este estudio, se adopta la versión de cuatro pasos de la VFT adaptada por Françozy y Belderrain (2022, p. 6), que consta de cuatro pasos: 1) Identificar una lista de valores; 2) Convertir

los valores en objetivos; 3) Priorizar los objetivos; 4) Construir una red de objetivos medios-fines.

El paso 1 se obtiene entrevistando a los implicados con preguntas orientadoras como "¿qué es importante para usted?"; "¿Qué valora?"; —¿Qué es absolutamente fundamental en este asunto? Keeney (1996, p. 543) ofrece diez categorías de preguntas útiles que pueden ser utilizadas por los analistas, durante las entrevistas con las partes involucradas. La aplicación del paso 1 da como resultado una lista de los valores de los entrevistados.

En el paso 2, los valores se convierten en objetivos tangibles en el formato Verbo+Objeto. Un valor determinado de la lista puede dar lugar a uno o varios objetivos, del mismo modo que un objetivo puede dar lugar a la unión de dos o más valores. A lo largo de esta tarea, pueden surgir nuevos valores y objetivos que se habían considerado inicialmente.

En el Paso 3, los objetivos se priorizan, utilizando la prueba WITI (*¿Por qué es importante?*). Para cada objetivo, se le pregunta al entrevistado "¿Por qué es importante?" o "¿Para qué es importante?". El resultado puede producir un nuevo objetivo o apuntar a uno existente, lo que da lugar a una lista jerárquica de objetivos.

En el paso 4, el último paso de la aplicación, los objetivos jerarquizados se estructuran en forma de una red medio-fin en la que las flechas indican la precedencia de los objetivos. En esta etapa, los objetivos se clasifican en:

- Medios: que conducen a otro objetivo;
- Fundamentales: aquellos que representan lo que los responsables de la toma de decisiones quieren, realmente.

La red de objetivos medios-fines es el producto final de la aplicación de la VFT y permite una visión holística de lo que se pretende realmente, en la situación problemática analizada. Los objetivos-medios pueden verse como las tareas que se deben realizar para alcanzar los objetivos fundamentales.

A partir de los objetivos, los analistas pueden extraer criterios para evaluarlos mejor, con un método como el PAJ, que se detalla a continuación.

## 2.2 Proceso de jerarquía analítica

El método de apoyo a la decisión multicriterio del Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) fue desarrollado por Thomas L. Saaty, en 1980, y descompone un problema de decisión, en niveles jerárquicos, con el fin de facilitar su comprensión (Silva *et al.*, 2010). La estructura del PAJ informa el objetivo de decisión en la parte superior de la jerarquía, seguido de los criterios de evaluación (y cualquier subcriterio) y las alternativas en la parte inferior. Los criterios se juzgan, por pares, en relación con el objetivo, y las alternativas se juzgan en relación con los criterios (Brunelli, 2015).

El PAJ divide un problema de decisión complejo en varios problemas pequeños, que se pueden resolver mediante comparaciones, por pares. Los valores asignados en las sentencias se establecen con la ayuda de la escala fundamental de Saaty, presentada en la TABLA 1 (Brunelli, 2015).

Descripción de la preferencia	Escala de Saaty
Indiferente	1
Preferencia moderada	3
Fuerte preferencia	5
Preferencia muy fuerte	7
Preferencia extrema	9

**TABLA 1.** Ejemplo de la Escala Fundamental de Saaty (Adaptada de Saaty, 2006).

En la escala fundamental de Saaty, los valores 2, 4, 6 y 8 representan juicios intermedios entre los principales. El conjunto de juicios da como resultado una matriz de comparaciones  $A = (a_{ij})_{n \times n}$ , donde  $a$  representa la preferencia de un tomador de decisiones por un criterio (o alternativa)  $i$  con respecto a  $j$ .

Una vez realizados los juicios, se obtiene el vector de prioridad y se realiza el cálculo de coherencia, para evaluar si el juicio del decisor es coherente. El vector de prioridad se calcula a partir de las medias de los valores normalizados de las valoraciones de cada criterio. El valor normalizado  $z$  para un criterio con respecto a otro criterio  $j$  viene dado por ECUACIÓN 1.

$$z_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \tag{1}$$

Donde  $n$  es el total de criterios (o filas) en la matriz de juicio. Finalmente, cada elemento del vector de prioridad  $w^T$  se obtiene promediando los valores normalizados de las valoraciones de cada criterio, como se muestra en la ECUACIÓN 2.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n z_{ij}}{n} \tag{2}$$

El vector de prioridades  $w^T$  indica la prioridad de cada criterio para el objetivo con un valor en el intervalo  $[0 \dots 1]$ . Con el vector de prioridad, es posible calcular la consistencia de la matriz de juicios. El cálculo de la consistencia de las sentencias se realiza en dos etapas. En primer lugar, se calcula el índice de inconsistencia de la matriz de juicios  $A$ ,  $CI(A)$ , como se indica en la ECUACIÓN 3.

$$CI(A) = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{3}$$

Donde  $\lambda_{max}$  es el valor propio representado por el producto del vector de prioridades  $w^T$  y la matriz de juicio  $A$ . El segundo paso es calcular la ratio de inconsistencia de la matriz de juicio  $A$ ,  $CR(A)$ , como se indica en la ECUACIÓN 4.

$$CR(A) = \frac{CI(A)}{RI_n} \tag{4}$$

Donde  $RI_n$  es un valor estimado proporcionado por Saaty, de acuerdo con el orden de la matriz y presentado en la Tabla 2.

n	3	4	5	6	7	8	9	10
R <sub>in</sub>	0,5247	0,8816	1,1086	1,2479	1,3417	1,4057	1,4499	1,4854

**TABLA 2.** Matrices de juicio de los decisores entre las alternativas para el criterio de reducción de la evasión (Adaptada de Brunelli, 2015).

Cuando el valor de CR(A) es mayor o igual a 0.1, indica un índice de inconsistencia significativo, que requiere una revisión de las sentencias.

### 2.3. Desarrollo de la fase divergente

Se consultó a los investigadores de las IES, para la realización de este estudio. En la fase divergente, se realizaron entrevistas individuales, de aproximadamente 45 minutos cada una, con cada investigador. Con la ayuda de la VFT, se elaboraron las siguientes preguntas orientadoras: 1) ¿Cuáles son sus objetivos en el desarrollo de un producto de investigación y desarrollo dentro de la IES?; 2) ¿Cuál considera que es el escenario ideal para impulsar proyectos de investigación y desarrollo en la IES y, en particular, la convocatoria de ayudas a la investigación aplicada?; 3) ¿Qué considera que está limitando y/o dificultando que los investigadores desarrollen proyectos de investigación y desarrollo en las IES?; 4) Las convocatorias públicas para la promoción de proyectos de I&D en la IES eventualmente tienen diferencias de un año a otro, ¿qué ha sucedido en años anteriores que usted considere positivo? ¿Es negativo?; 5) ¿Qué beneficios debe traer el desarrollo de un proyecto de investigación y desarrollo?

Se formularon otras preguntas a los responsables de la adopción de decisiones, con el fin de aclarar una respuesta concreta o como complemento de una línea de razonamiento. Las entrevistas fueron transcritas y validadas con los investigadores y plantearon áreas de toma de decisiones.

Las áreas de toma de decisiones involucradas muestran los valores de los implicados, y estos valores se convirtieron en una "nube" de objetivos tangibles expresados en el formato verbo+objeto. Luego, con los investigadores reunidos, se aplicó la prueba WITI. Para cada objetivo presente en la nube, se hicieron las siguientes preguntas: ¿Por qué es importante? Las respuestas indicaron un objetivo dentro de la nube o la generación de uno nuevo. El resultado de la aplicación de la prueba WITI reveló la jerarquía de objetivos, que, a su vez, se modeló en una red de objetivos medios-fines.

Se validó la red de objetivos medios-fines, y, luego, se identificaron los objetivos fundamentales, los cuales revelaron las motivaciones o valores reales de los tomadores de decisiones en el problema bajo análisis.

### 2.4. Desarrollo de la fase convergente

En la fase convergente, el problema de decisión se organizó en una estructura jerárquica según el modelo PAJ. El propósito de la decisión se definió como la elección del proyecto de investigación y desarrollo (I&D) para su financiamiento. Los objetivos fundamentales se definieron como criterios.

Para la aplicación del modelo PAJ se consideraron como alternativas tres propuestas o proyectos. Los demás pasos de PAJ se describen en los resultados.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta sección presenta los resultados del estudio.

#### 3.1. Fase divergente

Las entrevistas con los investigadores revelaron áreas de decisión, tales como: preocupaciones sobre abandono escolar; limitación de la carga de trabajo para el desarrollo de la investigación; la escasa comunicación con los socios externos; la preservación del medio ambiente y el cambio climático; participación de los estudiantes en proyectos de investigación, entre otras.

Las áreas de toma de decisiones involucradas muestran los valores de los implicados relacionados con la formación y el compromiso de los estudiantes, así como las condiciones de trabajo para el desarrollo de proyectos de investigación y desarrollo (I&D) en el campus. Dichos valores se convirtieron en una "nube" de objetivos tangibles expresados en el formato verbo+objeto.

El resultado de la aplicación de la prueba WITI, con los investigadores reunidos, reveló la jerarquía de propósitos que se modeló en una red de objetivos medios-fines, presentados en la FIGURA 2.

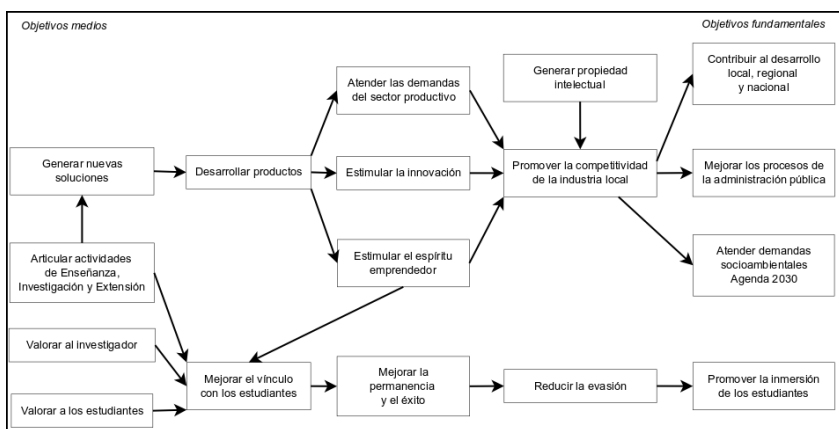


FIGURA 2. Red de objetivos medio-fin.

La red de objetivos medio-fin fue validada con los implicados que coincidieron en que ella representa sus objetivos relacionados con la convocatoria de investigación aplicada. Se han identificado cuatro objetivos fundamentales, que revelan las motivaciones o valores reales de los tomadores de decisiones en el problema bajo análisis.

El primer objetivo fundamental fue contribuir al desarrollo local, regional y nacional. Los tomadores de decisiones fueron unánimes en afirmar que se

trata de un objetivo que nunca se puede dejar de lado, ya que es uno de los mayores valores del sistema educativo federal.

El segundo objetivo identificado fue mejorar los procesos de la administración pública. Este es un objetivo que está presente en la propia convocatoria de investigación aplicada y los tomadores de decisiones reconocen su importancia al afirmar que la baja eficiencia o comprensión de los procesos administrativos vigentes en la institución es un cuello de botella a superar para mejorar la competitividad y la innovación.

El tercer objetivo fundamental identificado fue atender las demandas socioambientales de la Agenda 2030. Los investigadores reconocen estos objetivos como muy importantes debido a la comprensión de que la investigación aplicada a la innovación es fundamental para el desarrollo de soluciones que permitan la explotación de los recursos naturales combinada con iniciativas de sostenibilidad.

Hay un grupo de objetivos que se han identificado como comunes a estos tres objetivos fundamentales. Este *cluster* tiene objetivos relacionados con el desarrollo de nuevos productos para estimular la innovación, satisfacer las demandas del sector productivo y estimular el emprendimiento innovador. Los entrevistados coinciden en que se trata de objetivos que contribuyen a promover la competitividad en la región donde se ubica la IES y, por consiguiente, a alcanzar los tres objetivos fundamentales presentados.

El cuarto objetivo fundamental se relaciona con el contexto de los estudiantes en el campus y se expresó como promover la inmersión de los estudiantes. El *cluster* de objetivos-medios para este objetivo fundamental difiere de los demás. Los entrevistados señalan la necesidad de mejorar el vínculo entre los estudiantes y la institución a través de acciones que valoren a estudiantes e investigadores. Los investigadores refuerzan que el reciente aumento del valor de las becas de investigación contribuye a la consecución de estos objetivos y que es una forma eficaz de mejorar la permanencia y el éxito en la formación de los estudiantes. Todas estas acciones deben contribuir a la reducción de la deserción escolar, que es, para los investigadores entrevistados, un problema importante, especialmente en los cursos de pregrado y especialización de la institución.

La conclusión de la fase divergente permitió a los responsables de la toma de decisiones una visión más holística de la situación problemática analizada. De esta manera, fue posible pasar a la fase convergente, que se describe a continuación.

### **3.2. Fase convergente**

En esta fase convergente, se organizó una estructura jerárquica para representar el problema de decisión, según el modelo PAJ. La elección del proyecto de investigación y desarrollo (I&D) para su financiación se definió como objetivo de decisión. Los cuatro primeros objetivos fundamentales se han definido como criterios.

La estructuración del problema de decisión en el formato PAJ se muestra en la FIGURA 3.



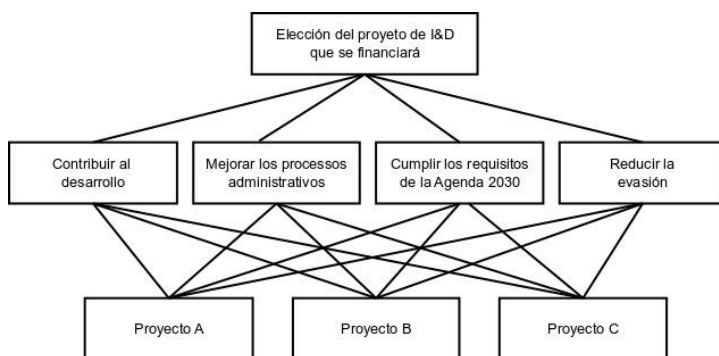


FIGURA 3. Estructura jerárquica del problema de decisión.

En este estudio, se consideraron tres propuestas como alternativas, que se muestran en la FIGURA 3 como "proyectos". Por razones de secreto y propiedad intelectual, los títulos de las propuestas fueron sustituidos por etiquetas, como proyecto A (PRJA), B (PRJB) y C (PRJC). También se asignaron etiquetas a los criterios, siendo CRT1 para contribuir al desarrollo; CRT2 para mejorar los procesos en la administración; CRT3 para satisfacer las demandas de la agenda 2030 y; CRT4 para reducir la evasión. El proyecto se estructuró en el sistema AHP-WEB disponible en: <http://ahpweb.net/> (Françoza *et al.*, 2023).

Una vez estructurados los criterios, los responsables de la toma de decisiones realizan dos comparaciones. La primera es entre los criterios, lo que permite identificar la importancia relativa de cada criterio en la consecución del objetivo de decisión. Este proceso se llevó a cabo con la ayuda de la escala fundamental de Saaty. Los criterios se compararon, par por par, y, para cada comparación, se hizo la siguiente pregunta a los involucrados: ¿cuál es la importancia relativa de este criterio en relación con este otro criterio para el objetivo de elegir un proyecto de investigación y desarrollo para su financiamiento?

A cada respuesta se le asignó un valor, expresado en la escala fundamental de Saaty. Las respuestas completas dieron lugar a matrices individuales de comparación, par por par. En la TABLA 3, se presentan los juicios de los tres responsables de la toma de decisiones en relación con los criterios.

	Responsable de la toma de decisiones 1				Responsable de la toma de decisiones 2				Responsable de la toma de decisiones 3			
	CRT1	CRT2	CRT3	CRT4	CRT1	CRT2	CRT3	CRT4	CRT1	CRT2	CRT3	CRT4
CRT1	1	4	1/2	7	1	5	1/4	9	1	4	1/3	1/5
CRT2	1/4	1	1/8	2	1/5	1	1/9	1	1/4	1	1/8	1/9
CRT3	2	8	1	9	4	9	1	9	3	8	1	1/2
CRT4	1/7	1/2	1/9	1	1/6	1	1/9	1	5	9	2	1

TABLA 3. Matrices de valoración de los responsables de la toma de decisiones sobre los criterios

Los resultados mostrados en la TABLA 3 indican la comparación entre los criterios según la escala fundamental de Saaty, presentada en la TABLA 1. Por ejemplo, el responsable de la toma de decisiones 2, al asignar una puntuación de 5 a la CRT1, en relación con la CRT2, hace la siguiente afirmación: el criterio "contribuir al desarrollo" es preferible al criterio "mejorar los procesos de gestión", para el objetivo de elegir un proyecto de investigación y desarrollo para su financiación.

La tasa de consistencia de las matrices de comparación fue la siguiente: 1,3% para el Decisor 1; 4% para el tomador de decisiones 2 y 2,8% para el tomador de decisiones 3. En todos los casos, la tasa de consistencia estuvo dentro del límite tolerado por el PAJ, que es un máximo del 10%. El gráfico de la FIGURA 4 muestra los resultados de las prioridades individuales obtenidas por los tres tomadores de decisiones.

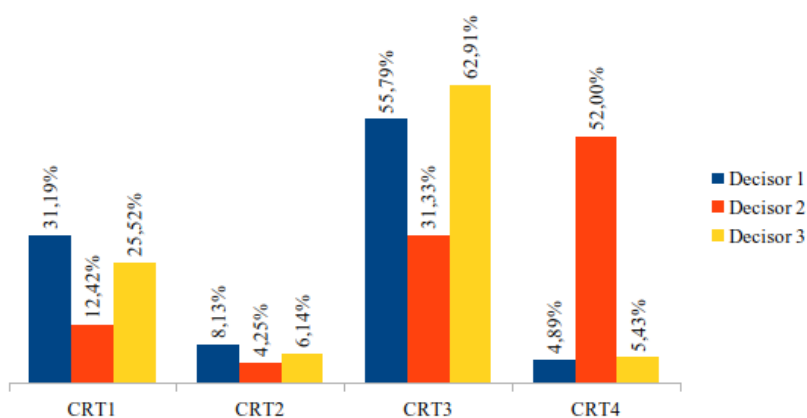


FIGURA 4. Prioridad relativa de los criterios en relación con el objetivo de toma de decisiones de cada responsable

Los resultados presentados en la FIGURA 4 indican que los tomadores de decisiones 1 y 3 coinciden en el orden de importancia de los criterios, siendo CRT3 el más relevante, seguido de CRT1, CRT2 y CRT4. A pesar del consenso entre estos responsables de la toma de decisiones sobre el orden de los criterios, hubo una ligera divergencia en cuanto a la mayor o menor relevancia de cada uno de ellos para el objetivo de la decisión. Para el decisor 2, el criterio CRT4 (reducción de la evasión) tuvo la mayor importancia relativa, seguido de CRT3, CRT1 y CRT2. Las divergencias encontradas se consideraron dentro de lo razonable y no hubo necesidad de revisar las sentencias.

Siguiendo los mismos procedimientos, se realizaron comparaciones entre los/las proyectos/alternativas. En este caso, se realizaron comparaciones entre las alternativas en relación con cada uno de los criterios, con el fin de que fuera posible evaluar el desempeño de las alternativas en relación con cada uno de los criterios.

Al igual que en la comparación entre los criterios, se elaboró una pregunta orientadora para que los responsables de la toma de decisiones

hicieran comparaciones entre las alternativas. La pregunta se estructuró de la siguiente manera: ¿cuál es la importancia relativa de esta alternativa en relación con esta otra alternativa en relación con este criterio?

En las TABLAS 4, 5, 6 y 7, se presentan las valoraciones de los responsables de la toma de decisiones sobre las alternativas, con respecto a cada uno de los criterios.

	Decisor 1			Decisor 2			Decisor 3		
	PRJA	PRJB	PRJC	PRJA	PRJB	PRJC	PRJA	PRJB	PRJC
PRJA	1	5	1/2	1	9	7	1	5	1/2
PRJB	1/5	1	1/9	1/9	1	1/2	1/5	1	1/9
PRJC	2	9	1	1/7	2	1	2	9	1
Consistencia	0,12%			2,1%			0,12%		

**TABLA 4.** Matrices de valoración de los responsables de la toma de decisiones entre las alternativas para el criterio de "contribuir al desarrollo".

	Decisor 1			Decisor 2			Decisor 3		
	PRJA	PRJB	PRJC	PRJA	PRJB	PRJC	PRJA	PRJB	PRJC
PRJA	1	9	6	1	2	3	1	1/2	2
PRJB	1/3	1	2	1/2	1	2	2	1	4
PRJC	1/6	1/2	1	1/3	1/2	1	1/2	1/4	1
Consistencia	0%			0,88%			0%		

**TABLA 5.** Matrices de evaluación de alternativas para el criterio "mejorar los procesos de gestión".

	Decisor 1			Decisor 2			Decisor 3		
	PRJA	PRJB	PRJC	PRJA	PRJB	PRJC	PRJA	PRJB	PRJC
PRJA	1	2	5	1	1/3	3	1	5	2
PRJB	1/2	1	3	3	1	9	1/5	1	1/4
PRJC	1/5	1/3	1	1/3	1/9	1	1/2	3	1
Consistencia	0,35%			0%			0,35%		

**TABLA 6.** Matrices de valoración de alternativas para el criterio "satisfacer las demandas de la agenda 2030".

	Decisor 1			Decisor 2			Decisor 3		
	PRJA	PRJB	PRJC	PRJA	PRJB	PRJC	PRJA	PRJB	PRJC
PRJA	1	8	1/3	1	3	1/2	1	6	1/2
PRJB	1/8	1	1/9	1/3	1	1/6	1/6	1	1/9
PRJC	3	9	1	2	6	1	2	9	1
Consistencia	10%			0%			0,88%		

**TABLA 7.** Matrices de valoración de los tomadores de decisiones entre las alternativas para el criterio de "reducir la deserción escolar".

Tomando como ejemplo el Decisor 1 y el criterio "contribuir al desarrollo" (TABLA 4), el decisor hizo la siguiente afirmación: El proyecto C es extremadamente preferible al proyecto B, en el criterio de contribuir al desarrollo. Se adoptó el mismo procedimiento para cada uno de los responsables de la toma de decisiones en todos los criterios.

En todos los casos, la tasa de consistencia estuvo dentro de los límites definidos por el PAJ. El gráfico de la FIGURA 6 muestra los resultados de las prioridades individuales de las alternativas.

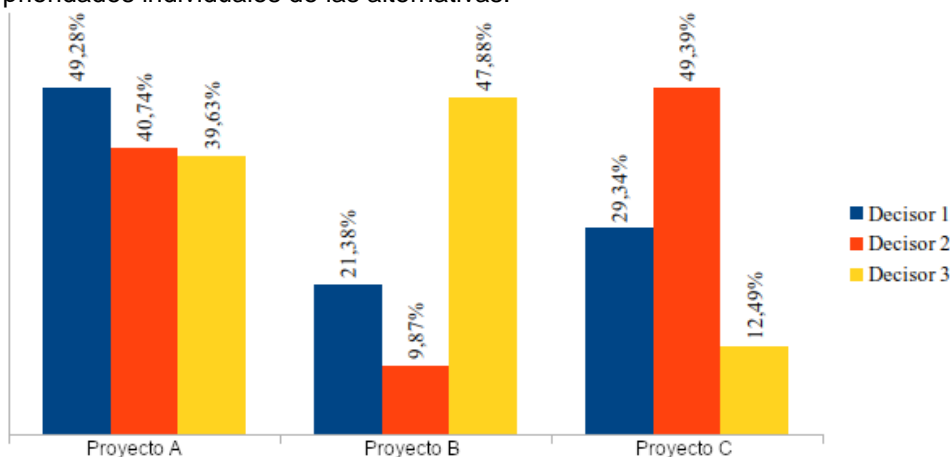


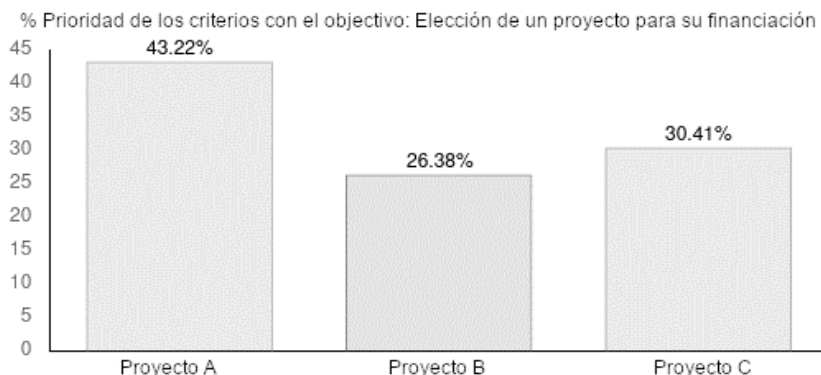
FIGURA 6. Prioridad de las alternativas y resultado del estudio.

Al contrario que en el caso de los criterios, no hubo consenso sobre la mejor alternativa para los responsables de la toma de decisiones. Para el Decisor 1, el Proyecto A tuvo la mayor relevancia, con 49,28%; para el Decisor 3, fue el Proyecto B, con 47,88%, y, para el Decisor 2, fue el Proyecto C, con 49,39%. Solo los proyectos B y C obtuvieron malos resultados en las comparaciones realizadas por los decisores 2 y 3, respectivamente; todos los demás tuvieron una importancia superior al 21%. Este hecho pone de manifiesto la dificultad de juzgar las propuestas. Si se tratara de una elección por votación, habría un empate entre los tres.

Los resultados obtenidos fueron agregados por el sistema AHP-WEB, que se basa en la Agregación Individual de Prioridades (AIP) con método de media geométrica ponderada presentado en la ecuación 5 (Forman y Peniwati, 1998; Françojo et al., 2023).

$$P_g(A_j) = \prod_{i=1}^n P_i(A_j)^{w_i} \quad (5)$$

Donde  $P_g(A_j)$  se refiere a la prioridad del grupo de la alternativa  $j$ ,  $P_i(A_j)$  a la prioridad de los  $i$ 's individuos de la alternativa  $i$ . La misma constante de escala (o peso) se asignó a los responsables de la toma de decisiones. La FIGURA 7 muestra las prioridades agregadas de los juicios realizados por los responsables de la toma de decisiones.



**FIGURA 7.** Prioridad de las alternativas y resultado del estudio.

Los resultados muestran que la propuesta que mejor se ajusta a los criterios definidos por los involucrados es el Proyecto A, con un 43,22% de la preferencia de los tomadores de decisiones implicados. El uso del PAJ contribuyó a elegir el Proyecto A y generar consenso entre los responsables de la toma de decisiones implicados, lo que no sería posible utilizando ningún otro enfoque.

#### 4. CONCLUSIÓN

El objetivo de este estudio fue desarrollar un modelo para priorizar las propuestas de investigación y desarrollo para su financiamiento. El modelo se desarrolló, utilizando un enfoque multimetodológico, que combina un método de estructuración de problemas, en este caso, el Pensamiento Centrado en el Valor, con un método de apoyo a la toma de decisiones multicriterio, el Proceso Analítico Jerárquico.

A través del enfoque construido, fue posible obtener los objetivos a partir de los valores de los investigadores que participaron en la construcción de la solución, lo que permitió extraer criterios más precisos para la evaluación de las alternativas. Con la ayuda del PAJ, fue posible comparar las alternativas en relación con cada uno de los criterios y los propios criterios del objetivo. La solución presentada permitió identificar objetivos ocultos, que no se considerarían inicialmente, en particular, el objetivo centrado en la mejora de los procesos de gestión. Además, la red de objetivos medios-fines permitió a los responsables reflexionar y tener una visión holística de todo el proceso de toma de decisiones.

Es importante destacar que los resultados aportados por el modelo se configuran como soporte multicriterio para la toma de decisiones. La decisión final siempre la toman los responsables implicados; si no es posible financiar o apoyar el proyecto A, el modelo indica que el segundo debe ser el proyecto B, pero con una ligera diferencia con el proyecto C.

Finalmente, la agregación de los resultados en un grupo realizado con la ayuda de PAJ-WEB permitió considerar múltiples perspectivas. De esta

manera, los tomadores de decisiones se sienten parte del proceso y se ven representados en la decisión tomada. Este resultado muestra que el modelo contribuyó a la generación de consenso entre los grupos de interés.

## 5. REFERENCIAS

- Abuabara, L., Paucar-Caceres, A., & Burrowes-Cromwell, T. (2019). Consumers' values and behaviour in the Brazilian coffee-in-capsules market: Promoting circular economy. *International Journal of Production Research*, 57(23), 7269-7288.
- Brunelli, M. (2014). *Introduction to the analytic hierarchy process*. Springer.
- Ferretti, V., & Grosso, R. (2019). Designing successful urban regeneration strategies through a behavioral decision aiding approach. *Cities*, 95, 102386.
- Forman, E., & Peniwati, K. (1998). Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 108(1), 165-169.
- Franco, L. A., & Montibeller, G. (2010). Problem structuring for multicriteria decision analysis interventions. *Wiley encyclopedia of operations research and management science*.
- Françoço, R. V., Junior, L. S. V. U., Carrapateira, E. S., Pacheco, B. C. S., Oliveira, M. T., Torsoni, G. B., & Yari, J. (2023). A web-based software for group decision with analytic hierarchy process. *MethodsX*, 11, 102277.
- Françoço, R. V., & Belderrain, M. C. N. (2022). A problem structuring method framework for value-focused thinking. *EURO Journal on Decision Processes*, 10, 100014.
- Graddy-Reed, A., & Lanahan, L. (2023). Prioritizing diversity? The allocation of US federal R&D funding. *Science and Public Policy*, 50(1), 104-119.
- Keeney, R. L., & Keeney, R. L. (1992). *Value-focused thinking: A path to creative decisionmaking*. Harvard University Press.
- Keeney, R. L. (1996). Value-focused thinking: Identifying decision opportunities and creating alternatives. *European Journal of operational research*, 92(3), 537-549.
- Mingers, J., & Rosenhead, J. (2004). Problem structuring methods in action. *European journal of operational research*, 152(3), 530-554.
- Parnell, G. S., Hughes, D. W., Burk, R. C., Driscoll, P. J., Kucik, P. D., Morales, B. L., & Nunn, L. R. (2013). Invited review—Survey of value-focused thinking: Applications, research developments and areas for future research. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 20(1-2), 49-60.
- Saaty, T. L. (2006). Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes. *European journal of operational research*, 168(2), 557-570.
- Silva, A. C., Belderrain, M. C. N., & Pantoja, F. C. M. (2010). Prioritization of R&D projects in the aerospace sector: AHP method with ratings. *Journal of Aerospace Technology and Management*, 2, 339-348.

Smith, C. M., & Shaw, D. (2019). The characteristics of problem structuring methods: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 274(2), 403-416.