

(05-027) - Gender Gap in Energy Research: A Diagnostic Approach to Equality

Poveda Bautista, Rocío ¹; García-Melón, Mónica ¹; Sánchez López, Sara ¹; Corona Sobrino, Carmen ²; Diego Más, José Antonio ³

¹ INGENIO (CSIC-UPV), Instituto de Gestión de la Innovación y del Conocimiento. Universitat Politècnica de València, ² Departament Sociologia i Antropologia Social, Universitat de València, ³ HUMAN-tech, Instituto Universitario de Investigación en T

The imbalance between men and women in energy research centres is concerning, as are the long-standing dynamics that may affect differences in access to leadership positions and gender inequalities in research careers. The gender gap in traditionally male-dominated fields, such as energy engineering, extends beyond the mere number of men and women.

This study seeks to investigate the gender gap in Energy Research Centres and identify obstacles to women's research careers. We propose developing a diagnostic approach based on indicators to track and assess gender roles and disparities in these centres' activities. This approach aims to recognize and tackle the interactions and hurdles that impede the promotion of women in the energy sector and their progress in this field. By employing the DEMATEL-ANP methodology, we prioritize these indicators based on their influence and importance in the context of energy research and apply this tool to a specific Energy Research Centre in Spain.

Keywords: Gender gap; Equality; Energy Research; Research Centres; DEMATEL; ANP

Brecha de género en la investigación energética: Un enfoque diagnóstico de la igualdad

El desequilibrio entre hombres y mujeres en los centros de investigación energética es preocupante, así como las dinámicas establecidas que pueden afectar a las diferencias en el acceso a puestos de liderazgo y a las desigualdades de género en las carreras de investigación. La brecha de género en campos tradicionalmente dominados por los hombres, como la ingeniería energética, va más allá del mero número de hombres y mujeres.

Este estudio pretende investigar la brecha de género en los Centros de Investigación Energética e identificar las barreras que dificultan la carrera investigadora de las mujeres. Proponemos desarrollar un enfoque diagnóstico basado en indicadores para monitorizar y evaluar las funciones y disparidades de género en las actividades de estos centros. Este enfoque pretende reconocer y abordar las interacciones y obstáculos que impiden la promoción de las mujeres en el sector de la energía y sus posibles progresos en este campo. Empleando la metodología DEMATEL-ANP, priorizamos estos indicadores en función de su influencia e importancia en el contexto de la investigación energética y aplicamos esta herramienta a un Centro de Investigación Energética concreto en España.

Palabras clave: Brecha de género; Igualdad; Investigación energética; Centros de investigación; DEMATEL; ANP

Correspondencia: Rocío Poveda Bautista, ropobau@upv.es



©2024 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Agradecimientos: Este trabajo se ha desarrollado en el marco del proyecto INVISIBLES financiado por la Generalitat Valenciana bajo la subvención (AICO/2021/133)

1. Introducción

A nivel mundial, el acceso limitado a la energía afecta de manera desproporcionada a las mujeres (Gayoso Heredia et al., 2022), destacando la importancia de considerar el género en las discusiones sobre la distribución justa de la energía y su papel en el desarrollo (Farhar, B. C., Osnes, B., & Lowry, 2014; Feenstra & Özerol, 2021; Hanke & Guyet, 2023; Shailaja, 2000). A pesar de esto, el sector energético sigue siendo predominantemente masculino. La falta de equilibrio de género podría no solo ser una cuestión de equidad y justicia social, sino también ser perjudicial para la investigación innovadora. La participación de las mujeres en el campo de la energía, particularmente en el contexto de la sostenibilidad (Cecelski, 2000; Imbulana Arachchi & Managi, 2021; Oparaocha & Dutta, 2011), ha sido identificada como crucial para abordar futuros emergentes, estructuras de gobernanza y marcos a través de los cuales enfrentamos problemas, entre otros (Cannon & Chu, 2021). Sin embargo, su participación en la producción de conocimiento dentro del campo, donde solo el 15.7 por ciento de las autoras de becas de energía han sido identificadas como mujeres (Sovacool, 2014). Se argumenta ampliamente que uno de los problemas en un campo como la ingeniería o la energía es el bajo número de mujeres que lo estudian. A nivel macro, centrándose en el caso de España, donde se encuentra el caso de estudio, la proporción de mujeres investigadoras en las universidades españolas es del 43.67% (Innovación, 2023). El principal problema radica en la distribución desigual según la progresión profesional, con solo el 25.6% de las mujeres alcanzando la categoría más alta e incluso menos en la disciplina de estudio. A nivel meso de la institución universitaria estudiada, el 31.98% del personal son mujeres (Estadística, 2023), de las cuales solo el 30% tienen puestos permanentes. En cuanto a la presencia de mujeres en centros de investigación públicos en España, solo el 26.8% de las mujeres ocupan un puesto permanente trabajando en el campo de "recursos naturales", que incluye el sector energético (del Carmen Mayoral Gastón et al., 2023). Esta cifra mejora sustancialmente en las categorías iniciales con el 57,7% de estudiantes de doctorado siendo mujeres (del Carmen Mayoral Gastón et al., 2023). Además, en el caso del sector energético español, solo el 22.2% de la producción científica de España sobre energías renovables en 2022 fue liderada por mujeres investigadoras (Estudios et al., 2023). Si bien existe un cuerpo significativo de literatura para abordar la escasez de mujeres en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés), existe una brecha notable en el caso del sector energético (Cannon & Chu, 2021; Ryan, 2014; Sovacool, 2014). La presencia y participación de las mujeres en el campo de la energía ha sido estudiada en juntas y grupos de gestión de grandes empresas energéticas (Carlsson-Kanyama et al., 2010), o en la formulación de políticas energéticas (Fraune, 2015). Sin embargo, los roles de género y las desigualdades en la actividad de los centros de investigación energética destinados a abordar la brecha de género permanecen inexplorados en la literatura científica.

El nivel organizacional es crucial en el desarrollo científico y la falta de indicadores puede deberse a dificultades intrínsecas en el monitoreo de género. El monitoreo suele ser sinónimo de enfoques cuantitativos que tienden a centrarse en cuántos individuos de cada sexo se encuentran, a menudo información pública. Por otro lado, las dinámicas de género son difíciles de capturar sin observación y otros indicadores cualitativos (Strand et al., 2015), que son más difíciles de operacionalizar. Sin embargo, el esfuerzo puede valer la pena considerando que el monitoreo no es unívoco en sus usos y que los indicadores no son igualmente relevantes. El monitoreo puede utilizarse para controlar el desarrollo de políticas, distribuir fondos, comparar organizaciones o para verificar el avance de algunas medidas implementadas. Medir el género a nivel organizacional establece algunos propósitos principales: diagnóstico y aprendizaje. Por lo tanto, el monitoreo contextualizado a través de la recopilación de datos secundarios y primarios, tanto cuantitativos como cualitativos, es crucial. Se vuelve esencial, por ello, ir más allá de "contar cabezas" (Corona-Sobrino et al., 2020) para entender no solo

el número de mujeres presentes en los centros de investigación energética, sino también las dinámicas que obstaculizan el desarrollo de las carreras de las mujeres en estas áreas, la distribución de tareas, gestión, proyectos y reconocimiento. En Europa, los indicadores de brecha de género se centran en el monitoreo de políticas a nivel nacional, mientras que el nivel organizacional todavía necesita desarrollo, lo cual es otro desafío que abordaremos (Otero-hermida, 2020). La contextualización o el monitoreo sensible al contexto implica una mejor comprensión de diferentes niveles como el centro y el sistema de investigación que condiciona los significados de excelencia en la investigación, el acceso a posiciones o financiación de investigación. Esto requiere una integración experta en el procedimiento de monitoreo, para interpretar la relevancia y la interacción cruzada de los indicadores. Por lo tanto, es crucial incluir los contextos donde tiene lugar la investigación energética con género y proporcionar una contextualización sistémica (Fraune, 2015). En esta investigación desarrollamos una herramienta basada en indicadores de rendimiento para monitorear y evaluar roles e inequidades de género en centros de investigación. La herramienta responde a la revisión de literatura y aportes cuantitativos y cualitativos a nivel organizacional que son sensibles al contexto general de género y ciencia. Esta perspectiva también facilita integrar la complejidad inherente de medir dinámicas relacionales en organizaciones, lo que contribuye a la brecha de género (West & Zimmerman, 1987). La brecha de género debe entenderse como un concepto multidimensional: personas involucradas, dinámicas relacionales (West & Zimmerman, 1987) y cultura organizacional. Por lo tanto, debe tratarse como un problema de múltiples criterios y abordarse con métodos de toma de decisiones de múltiples criterios (MCDM). Estos métodos son muy apreciados para desarrollar herramientas de monitoreo (Otero-Hermida & García-Melón, 2018). En este trabajo proponemos una metodología para el estudio en profundidad de los centros de investigación de la energía. Nuestra propuesta hará tres contribuciones al campo de la investigación energética. Primero, al presentar los posibles indicadores a nivel organizacional en los centros de investigación y una metodología para priorizarlos según las necesidades del centro. Segundo, al monitorear y presentar resultados de un centro de investigación específico en el campo de la energía. Y tercero, al incluir recomendaciones para abordar las dinámicas de género que contribuyen a las brechas de género dentro del centro monitoreado.

2. Metodología

La metodología propuesta se presenta en la Figura 1.

Figura 1: Metodología



Nuestra herramienta de diagnóstico se desarrolla en dos etapas. La primera es genérica y útil para cualquier organización de investigación pública. La segunda es específica para un centro de investigación en particular en el campo de la energía. En otras palabras, obtenemos indicadores genéricos que pueden usarse para medir cualquier organización y los adaptamos al contexto para monitorear y diagnosticar un centro de investigación energética español específico. El objetivo de la primera etapa es identificar todas las perspectivas y dimensiones relevantes relacionadas con la brecha de género y determinar una lista específica de indicadores de rendimiento para monitorear y evaluar roles e inequidades de género en los centros de investigación. Esta metodología general emplea un enfoque integrado basado en MCDM (métodos de toma de decisiones de múltiples criterios) utilizando una combinación de DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) y ANP (Analytic Network Process) para determinar los criterios más influyentes para la brecha de género en los centros de investigación. La combinación de estos dos métodos (DANP) es novedosa en el contexto de las políticas de género e integra los beneficios de ambos métodos. ANP (Saaty, 2001) nos permite un análisis completo de la influencia de todos los factores que componen una red. Además, DEMATEL (Gabus, A., & Fontela, 1972) permite un análisis de causa y efecto de los diversos elementos de la red involucrados. El objetivo de la segunda etapa es monitorear el rendimiento de un Centro de Investigación Energética (CIE) español seleccionado. Todos los indicadores se medirán y analizarán de acuerdo con los resultados de importancia e influencia obtenidos para cada uno de ellos. Esta etapa de la metodología ha implicado una documentación exhaustiva de la propia institución (indicadores bibliométricos y otros indicadores numéricos registrados), así como un análisis documental de la legislación científica relevante. Se llevó a cabo un estudio exhaustivo de la documentación sobre legislación estatal española y organización universitaria para comprender las especificidades del estudio de caso en el contexto científico. Por razones metodológicas, se ha asumido un sistema de género binario en la construcción de indicadores y en el análisis de resultados. Sin embargo, en el cuestionario, en las preguntas sociodemográficas, se ha proporcionado la posibilidad de incluir otras identidades de género. Finalmente, se realizarán algunas recomendaciones y pautas dirigidas al equipo directivo del centro de investigación con el fin de abordar su brecha de género.

2.1 Metodología general

Centrándonos en la selección de indicadores, (Otero-Hermida & García-Melón, 2018) propusieron una lista de indicadores para la Investigación e Innovación desde una Perspectiva Responsable para el contexto español después de una revisión exhaustiva de los indicadores existentes proporcionados por informes relevantes como el Grupo de Expertos Europeos en Investigación Responsable (RRI), la colección de informes de la UE She Figures, o su versión española, Científicas en Cifras. Basándonos en el estudio de (Otero-Hermida & García-Melón, 2018) y en el conocimiento previo, se desarrolló una lista general y extensa de indicadores que deben considerarse en el análisis de la brecha de género en los centros de investigación. Esta lista preliminar de indicadores se analizó mediante sesiones participativas con grupos de expertos dando lugar a una lista final específica para la monitorización de centros de investigación en energía que permitiría la definición de indicadores del modelo de priorización.

2.2 Priorización de indicadores por expertos

Se utiliza un análisis multicriterio para evaluar los criterios de la brecha de género (indicadores), lo que nos permite clasificar estos criterios en relación con el objetivo: evaluar los roles de género y las desigualdades en los centros de investigación.

Definición del Modelo:

El modelo de clasificación se construye sobre una red de criterios que tienen influencia mutua. Estos criterios se derivan de una revisión de la literatura y el contexto es validado por expertas

a través de una sesión participativa. Los criterios se agrupan en tres categorías: Gestión de la Investigación y Resultados de la Investigación, Configuración y Estructura del Personal, y Cultura Laboral.

Selección de Expertos:

Hemos involucrado diversos tipos de expertas dentro del equipo de investigación y otras afiliaciones institucionales: aquellos que trabajan en temas de género en el sistema científico, e ingenieras del campo de la energía. En este tipo de técnica de MCDM, debido a la naturaleza semi-cuantitativa y experta de la información, la calidad de los expertos es crucial en comparación con su número. Los expertos desarrollan estructuras mentales que les ayudan a reconocer situaciones y recordar eficazmente el conocimiento adecuado para resolver problemas específicos. Por lo tanto, es esencial que tengan una comprensión completa de las implicaciones de su campo en el estudio de caso, así como una visión holística del tipo de actividad realizada en un centro de investigación. Nuestro panel de expertas está compuesto por cinco personas que integran una variedad de antecedentes: 1 politóloga, 1 socióloga y 3 ingenieras.

La relevancia de los indicadores se ve fuertemente afectada por los diferentes contextos. El panel evalúa los criterios (indicadores) integrando el contexto. La priorización de expertos señala relaciones causales y diversas formas de un problema específico. El objetivo es identificar cuáles son importantes y cuáles son los cruciales en el entorno específico del centro de energía en la universidad y el sistema español, considerando panorámicamente los datos recopilados.

2.3 Ponderación de indicadores

El método DANP se aplica en cinco pasos:

Paso 1: Generación de la Matriz de Relaciones Directas A. Medir la relación entre los criterios requiere el diseño de una escala de comparación en una escala de 0-4: 0 (sin influencia), 1 (baja influencia), 2 (influencia media), 3 (alta influencia), 4 (muy alta influencia). A continuación, los expertos realizan comparaciones por pares de las influencias entre criterios. Luego, los datos iniciales se obtienen como la matriz de relaciones directas. La matriz A es una matriz $n \times n$ en la que a_{ij} denota el grado en que el criterio i afecta al criterio j .

Paso 2: Normalización de la matriz de relaciones directas. Sobre la base de la matriz de relaciones directas A, se puede obtener la matriz de relaciones directas normalizadas X a través de las ecuaciones:

$$x_{ij} = a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij} \quad (1)$$

donde, a_{ij} : valores de la matriz de relaciones directas.

Paso 3: Obtención de la matriz de relaciones totales: T se puede obtener usando la ecuación:

$$T = X(I - X)^{-1} \quad (2)$$

Paso 4: Obtención del diagrama de causalidad de los criterios. Los parámetros D y R para cada criterio se obtienen de la matriz T usando las siguientes ecuaciones:

$$D = \sum_{i=1}^n t_{ij} \quad (3)$$

$$R = \sum_{j=1}^n t_{ij} \quad (4)$$

El diagrama de causa-efecto permite analizar el grado de prominencia, dado por la suma de D y R (eje horizontal), y el grado de causa o efecto, dado por la resta de D y R (eje vertical).

Paso 5: Normalización de cada columna de la matriz T (no ponderada) por su suma, obtenemos la supermatriz ponderada.

$$w_{ij}=t_{ij}\sum_{n_i=1}^{t_{ij}} t_{ij} \quad (5)$$

donde, w_{ij} : valores de la supermatriz ponderada y t_{ij} : valores de la matriz de relaciones totales.

Paso 6: Cálculo de la matriz límite. En este paso, la matriz ponderada se multiplica por sí misma hasta que todas sus columnas se igualan, es decir, los valores convergen. De esta manera, se obtienen las influencias individuales de cada elemento sobre los otros elementos de la red. Los valores de los criterios se extraen del vector de la supermatriz límite y se normalizan por la suma para obtener sus pesos finales. De esta manera, podemos obtener la clasificación de los criterios, lo que permitirá comprender el perfil de decisión de los expertos.

2.4 Aplicación a un Centro de Investigación en Energía específico

Encuesta online: datos primarios

Se diseñó y circuló una encuesta en línea. Constaba de preguntas de opción única y múltiple y de repuesta abierta, utilizando la plataforma digital Qualtrics. Se solicitó el género y el año de nacimiento. No se recopiló información que pudiera identificar al encuestado.

La encuesta constaba de 20 preguntas que abordaban el nivel de antigüedad alcanzado, la percepción del ambiente formal e informal de la organización, el conocimiento del plan de igualdad, el uso de medidas de conciliación y la experiencia en liderar proyectos. Se envió al director del centro para que la distribuyera internamente por correo electrónico a todos los trabajadores de la institución. Se recibieron un total de 36 respuestas. La encuesta se probó inicialmente en una muestra de 10 personas con diversos antecedentes académicos.

Bases de datos: datos secundarios

Para obtener información sobre el cargo, categoría profesional y méritos académicos (patentes, producción científica, proyectos, etc.) de todos los miembros del centro, se consultó la base de datos institucional y el sitio web del centro.

Entrevistas en profundidad: datos primarios

Se realizaron doce entrevistas en profundidad (de 30 a 54 minutos de duración) con miembros masculinos y femeninos en posiciones permanentes y no permanentes (12). La distribución de los entrevistados corresponde a la estructura del campo de la ingeniería energética.

El objetivo de las entrevistas era obtener información sobre las percepciones, opiniones y experiencias del personal del centro en relación con los temas de género. Siguiendo la lógica de las dimensiones de los indicadores, el guion de entrevistas se estructuró en los tres bloques descritos en 2.2 La información extraída se transcribió y analizó según el método cualitativo de contenido (Hsieh et al., 2005). Se utilizó el software N-VIVO como herramienta de análisis.

3. Resultados

En primer lugar, se muestran los resultados obtenidos para los indicadores. Estos resultados son genéricos, útiles para monitorear la brecha de género en cualquier centro de investigación en el sistema de investigación español. En segundo lugar, presentamos los resultados del monitoreo de un centro de investigación en energía a través de los indicadores seleccionados.

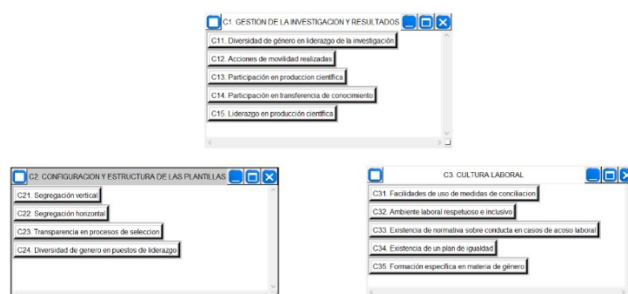
Descripción del modelo

Basándonos en una lista preliminar de indicadores y en el contexto de los centros de investigación, se realizó una selección de los principales indicadores para monitorear estos centros. La lista final de indicadores, que se elaboró mediante una sesión participativa de científicos con experiencia en género, se muestra en la siguiente tabla. Estos indicadores seleccionados serán los elementos DANP de la red.

Tabla 2: Indicadores para monitorear la brecha de género en centros de investigación

Categoría	Indicador	Descripción
C1. Gestión de la investigación y resultados	C11. Diversidad de género en liderazgo de la investigación	Variedad de perfiles por género como investigadores/as principales (IP) de proyectos.
	C12. Acciones de movilidad realizadas	Proporción de mujeres que han realizado estancias respecto al número total de estancias realizadas por todo el personal.
	C13. Participación de mujeres en producción científica	Número de publicaciones científicas de mujeres como co-autoras en relación a al número de publicaciones del centro de investigación.
	C14. Participación de mujeres en transferencia conocimiento	Participación de mujeres en la transferencia de conocimiento formal (patentes, emprendimiento, convenios) e informal (colaboraciones)
	C15. Liderazgo en producción científica	Número de publicaciones científicas en de mujeres primeras autoras en relación a al número de publicaciones del centro.
C2. Configuración y estructura de las plantillas	C21. Segregación vertical	Diferencia entre el número de mujeres y de hombres en los puestos de mando y puestos consolidados.
	C22. Segregación horizontal	Diferencia entre el número de mujeres y de hombres según puestos de trabajo (Administración, investigación, gestión, laboratorio...)
	C23. Transparencia en procesos de selección	La transparencia en los procesos de selección debe impregnar tanto el proceso de evaluación en sí mismo como el de formación del comité de selección y evaluación. Por ello se valora la existencia de criterios de selección establecidos para garantizar la igualdad efectiva en los procesos de selección. Se valora la existencia de criterios de selección de los comités de selección y evaluación establecidos y publicados.
	C24. Diversidad de género en puestos de liderazgo organizativo	Número de mujeres en puestos de responsabilidad (ej. políticas de discriminación positiva...) respecto al número total de puestos de responsabilidad.
C3. Cultura laboral	C31. Facilidades de uso de medidas de conciliación	Existencia de medidas para la conciliación tanto informales (Ej. Flexibilidad horaria, teletrabajo no reglado...), como formales.
	C32. Ambiente laboral respetuoso e inclusivo	Percepción de un ambiente laboral respetuoso y de dinámicas informales respetuosas.
	C33. Existencia de normativa sobre conducta en casos de acoso laboral	Existencia de un protocolo para la atención a casos de acoso laboral, así como de un protocolo específico para la atención a casos de acoso sexual.
	C34. Existencia plan igualdad	Conocimiento de la existencia del plan de igualdad.
	C35. Formación específica en materia de género	La existencia de formación en materia de género en el centro de investigación incluyendo calendario de cursos en materia de género, jornadas de sensibilización de género, campañas de divulgación de vocaciones científico-tecnológicas en las niñas y jóvenes, etc.

Figura 2. Resumen del modelo ANP propuesto



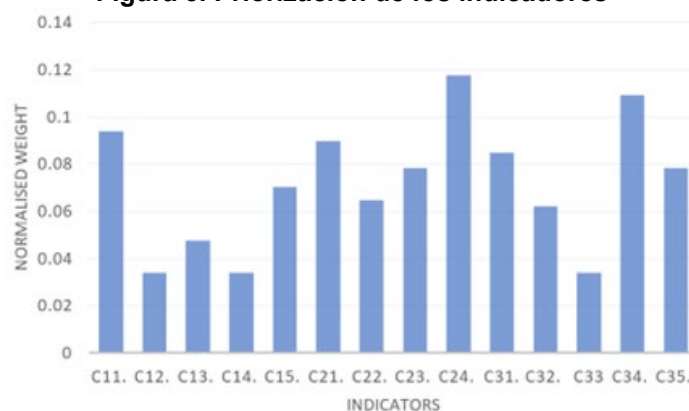
3.1 Resultados obtenidos para los pesos e interacciones de los indicadores

El método DANP prioriza los indicadores seleccionados de más a menos importante, según las expertas participantes. La priorización final de los indicadores para el grupo agregado de expertas obtenida con la técnica DANP se muestra en la Tabla 3 y la Figura 3.

Tabla 3. Pesos obtenidos para los indicadores

	Gestión de la Investigación y Resultados de la Investigación					Configuración y Estructura del Personal					Cultura Laboral				
Indicadores	C11.	C12.	C13.	C14.	C15.	C21.	C22.	C23.	C24.	C31.	C32.	C33	C34.	C35.	
Pesos	0.094	0.034	0.047	0.033	0.070	0.089	0.064	0.078	0.117	0.084	0.062	0.034	0.109	0.078	

Figura 3. Priorización de los indicadores



En la Figura 3, tres indicadores destacan ligeramente del resto. C24. Diversidad de género en posiciones de liderazgo organizativo, C34. Existencia de un plan de igualdad y C11. Diversidad de género en liderazgo de investigación. Dos de ellos están relacionados con el liderazgo de las mujeres. Este gráfico muestra que los indicadores relacionados con la estructura propia de la organización: configuración del personal y cultura laboral, son más importantes que los indicadores relacionados con los resultados de investigación.

DEMATEL permite obtener información relevante de las influencias de los indicadores entre sí. En la Tabla 4, presentamos la matriz de relaciones obtenida por el conjunto de expertas. Cada celda representa la influencia del indicador de la fila sobre el indicador de la columna.

Tabla 4. Matriz de Relación Total entre criterios

	C11	C12	C13	C14	C15	C21	C22	C23	C24	C31	C32	C33	C34	C35	D
C11	0.18	0.05	0.25	0.16	0.29	0.25	0.16	0.08	0.26	0.14	0.22	0.05	0.04	0.11	2.2
C12	0.13	0.01	0.13	0.08	0.12	0.12	0.05	0.02	0.09	0.04	0.07	0.01	0.01	0.04	0.9
C13	0.19	0.04	0.09	0.11	0.20	0.17	0.08	0.03	0.13	0.05	0.07	0.02	0.01	0.06	1.2
C14	0.12	0.02	0.08	0.04	0.11	0.12	0.07	0.02	0.12	0.04	0.05	0.01	0.01	0.04	0.9
C15	0.27	0.05	0.22	0.15	0.134	0.21	0.14	0.05	0.20	0.08	0.13	0.03	0.02	0.08	1.8
C21	0.25	0.04	0.21	0.17	0.23	0.16	0.18	0.10	0.29	0.17	0.20	0.05	0.02	0.14	2.2
C22	0.21	0.03	0.21	0.13	0.21	0.17	0.09	0.07	0.21	0.09	0.15	0.02	0.01	0.08	1.7
C23	0.24	0.04	0.19	0.14	0.19	0.25	0.22	0.06	0.28	0.13	0.19	0.03	0.02	0.08	2.0
C24	0.32	0.05	0.26	0.21	0.27	0.31	0.24	0.15	0.21	0.23	0.27	0.06	0.04	0.15	2.8
C31	0.28	0.09	0.26	0.22	0.28	0.25	0.18	0.06	0.25	0.09	0.18	0.03	0.02	0.10	2.3
C32	0.16	0.04	0.18	0.14	0.15	0.13	0.10	0.05	0.16	0.11	0.08	0.03	0.03	0.09	1.5
C33	0.08	0.01	0.08	0.05	0.07	0.07	0.06	0.03	0.08	0.05	0.10	0.01	0.02	0.04	0.7

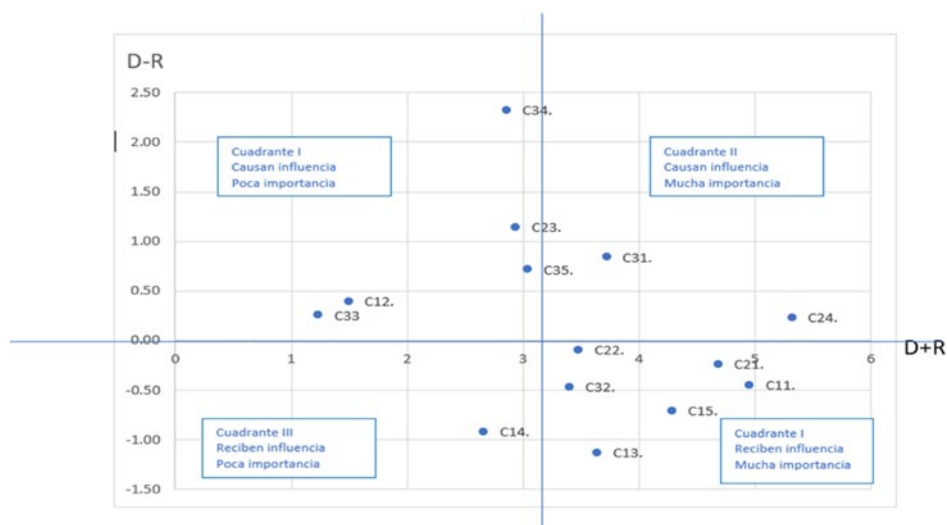
C34	0.25	0.08	0.23	0.18	0.23	0.26	0.21	0.16	0.26	0.22	0.20	0.13	0.02	0.16	2.6
C35	0.20	0.03	0.19	0.14	0.21	0.17	0.13	0.11	0.19	0.13	0.22	0.05	0.03	0.06	1.9
R	2.7	0.5	2.4	1.8	2.5	2.5	1.8	0.9	2.5	1.4	1.9	0.5	0.3	1.2	

La Tabla 4 muestra los resultados en tres niveles diferentes de acuerdo con los dos umbrales de relevancia obtenidos: Umbral 1. Influencia moderada: media + 1 desviación estándar (0.209) y Umbral 2. Influencia alta: media + 2 desviaciones estándar (0.292). Los valores en gris están por debajo del umbral 1, los valores en negro están por encima del umbral 1 y los valores en negrita están por encima del umbral 2.

Además, en la matriz presentamos los resultados de los cálculos de los factores D y R para cada indicador (ver ecuaciones 1-5). Recordemos que el factor D indica el nivel de influencia ejercido por un indicador y el factor R significa el nivel de influencia que recibe el indicador. En este segundo nivel de análisis, podemos ver que los indicadores con mayor influencia son C34 y C24, que coinciden con los dos indicadores que aparecieron como los más importantes en la Figura 3. También observamos que los dos indicadores más influyentes son C34 y C11. En otras palabras, los indicadores que destacan por su influencia en la red coinciden con los más importantes.

La figura 4 presenta la información en un diagrama de causa y efecto, en la cual el eje X muestra el grado de importancia de cada indicador (R+R) mientras que el eje Y muestra el grado de causa (valores positivos) o efecto (valores negativos) de cada indicador (D-R).

Figura 4. Diagrama causa-efecto de los indicadores



Podemos observar que los indicadores que aparecen en el cuadrante II son: C24. Diversidad de género en posiciones de liderazgo organizativo y C31. Facilidad de uso de medidas de reconciliación. Estos pueden considerarse factores clave y deben tenerse en cuenta al diseñar acciones de género. El indicador C31 no ha aparecido hasta ahora, ya que no pertenece ni al grupo más influyente ni al más importante. Sin embargo, la combinación de ambas propiedades lo coloca en el cuadrante II, lo que lo convierte en un factor relevante al medir la brecha de género en los centros de investigación. Nuestra interpretación de estos dos factores clave: el hecho de que haya mujeres en puestos relevantes sirve como un espejo en el que buscan a otras mujeres que trabajan en el mismo centro de investigación. Además, la dinámica puede ser diferente cuando hay mujeres en posiciones de liderazgo. En nuestro estudio de caso, el efecto del bajo número de mujeres y la falta de costumbre en las dinámicas mixtas se han señalado claramente durante las entrevistas. Las mujeres con una visión clara de los problemas de igualdad en el centro habían creado un entorno seguro, considerando

que las mujeres más jóvenes bajo su mando no habían percibido estos problemas. Sin embargo, eso afecta solo a algunos de los grupos de investigación del centro, donde las mujeres están concentradas.

Por otro lado, la disponibilidad y facilidad de uso de las medidas de reconciliación se consideran factores muy relevantes.

Otras conclusiones que se pueden extraer de la Figura 4 son las siguientes: hay indicadores aislados: C12. Acciones de movilidad realizadas, C33. Existencia de regulaciones sobre el comportamiento en casos de acoso laboral y C14. Participación de las mujeres en la transferencia de conocimientos. Esto significa que son menos influyentes para otros. Por ejemplo, la movilidad o la transferencia de conocimientos son requisitos relevantes para el avance en la carrera, pero tienen un impacto limitado en otros aspectos de género, al igual que las regulaciones sobre acoso sexual que son muy relevantes, pero no están tan directamente relacionadas con otros. Finalmente, nos gustaría reiterar aquellos indicadores que parecen ser muy influyentes, pero no muy importantes: C23. Transparencia en los procesos de selección, C35. Formación específica sobre cuestiones de género. Estos serían indicadores que tienen una fuerte influencia en otros, pero que no serían tan importantes por sí solos, es decir, sin considerar sus relaciones con el resto. Resultados de la monitorización del centro de investigación en ingeniería energética

Información cualitativa

Los tres bloques temáticos de la información obtenida corresponden a las dimensiones de los Indicadores de Género en Investigación Energética (IGIE): 1) gestión de resultados de la investigación, 2) configuración y estructura del personal y 3) cultura de trabajo.

En primer lugar, sobre la gestión de la investigación, una gran proporción de los entrevistados masculinos afirman que la organización, participación y liderazgo de la investigación en el centro responden únicamente a cuestiones meritocráticas y jerárquicas y que el género no tiene ninguna influencia. Sin embargo, las entrevistadas mujeres expresaron una actitud más crítica hacia la gestión de la diversidad de género en el centro. En cuanto a la incorporación de la perspectiva de género en la investigación, en la mayoría de los casos se percibe como algo ajeno a la naturaleza del trabajo debido a su objeto de estudio (por ejemplo, ciencia fundamental).

En segundo lugar, consideran que la proporción desigual de hombres y mujeres en la organización es uno de los problemas mencionados con frecuencia. Afirman que este es un problema estructural de la disciplina, que se manifiesta ya en los estudios de pregrado, donde hay muy pocas mujeres matriculadas, y que se reproduce en los siguientes niveles de la carrera científica y, por lo tanto, en el centro. No se toman medidas proactivas para intentar revertir la desigualdad estructural en el centro mediante la implementación de medidas de discriminación positiva en los procesos de selección. Además, como se verá en los resultados cuantitativos, existe una clara brecha de género en los puestos de responsabilidad a niveles vertical y horizontal.

En tercer lugar, respecto a la cultura laboral, las horas de trabajo son flexibles, lo que se percibe como una buena medida para la vida familiar y privada tanto para hombres como para mujeres. Sin embargo, estas medidas aún son insuficientes, ya que las mujeres entrevistadas afirmaron que la vida familiar sigue afectando más a las mujeres en términos de desarrollo profesional. También, es importante destacar la dinámica de participación y el ambiente en el centro. El hecho de que haya un número reducido de mujeres las afecta, por lo que se sienten menos involucradas debido a que están en una proporción menor. Por otro lado, la existencia de un plan de igualdad y protocolos de acoso sexual son conocidos por la mayoría de los entrevistados, sin embargo, solo se menciona su existencia, pero no su contenido o implicaciones en el centro.

En resumen, la mayoría del discurso de los entrevistados masculinos es que no hay ningún problema relacionado con el género en la institución, ni en la gestión de la investigación ni en el entorno laboral. Sin embargo, este no es el caso de algunas de las entrevistadas femeninas que aluden a diferentes problemas de discriminación de género como la distribución de tareas y roles en el centro.

Monitoreo del Centro de Investigación. Recopilación de datos de los indicadores.

Los resultados obtenidos para los indicadores en el monitoreo del CIE, así como las fuentes de donde se han recopilado estos resultados, se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultados IGIEs

	Indicador	Definición	Resultado	Fuente de datos	Pesos de IGIEs	Influyente		Necesita Recomendaciones
						Sí	No	
C1. Gestión de la investigación y resultados	C11. Diversidad de género en el liderazgo de investigación	% de mujeres investigadoras principales de proyectos	11.1%	Datos secundarios / Base de datos pública institucional	8,8		X	*
	C12. Acciones de movilidad implementadas	% de acciones de movilidad realizadas por mujeres	26.7%	Datos primarios / Encuesta	3,3		X	
	C13. Participación de las mujeres en la producción científica	% de publicaciones científicas escritas por mujeres	14.7%	Datos secundarios / Base de datos pública institucional	4,9		X	
	C14. Participación de las mujeres en la transferencia de conocimiento	% de acuerdos de transferencia de conocimientos y patentes desarrolladas por mujeres	7.1%	Datos secundarios / Base de datos pública institucional	3,6		X	
	C15. Liderazgo en la producción científica	% de publicaciones científicas lideradas por mujeres	22%	Datos secundarios / Base de datos pública institucional	7,3		X	
C2. Configuración y estructura del personal	C21. Segregación vertical	% de mujeres en puestos de dirección / % de personas en puestos de dirección	0%	Datos secundarios / Base de datos pública institucional	9,3		X	*
		% de mujeres en puestos permanentes / % de personas en puestos permanentes	84%					
	C22. Segregación horizontal	% de mujeres en laboratorio / % de mujeres en administración	0% / 100%	Datos secundarios / Base de datos pública institucional	6,5		X	
	C23. Transparencia en los procesos de selección	% de mujeres investigadoras / Transparencia en el proceso de selección y en el comité de selección	16% / Sí, regulado por normativa institucional	Datos primarios / Entrevistas	7,4	X		
C24. Diversidad de género en puestos de liderazgo organizacional	Número de mujeres en puestos de liderazgo en relación con el total de puestos de liderazgo	No hay mujeres en puestos de responsabilidad	Datos secundarios / Sitio web del Centro de Investigación	11	X		*	
C3. Cultura laboral	C31. Facilidad de uso de medidas de conciliación	Existencia de medidas para el equilibrio entre vida laboral y personal, tanto formales como informales	Sí, medidas formales reguladas por normativas institucionales y medidas informales en el centro	Datos primarios / Entrevistas y encuestas	8,3	X		*
	C32. Ambiente laboral respetuoso e inclusivo	Se refiere a un ambiente libre de comentarios sexuales, sexistas, racistas, etc.	Ambiente sexista (chistes sexistas) en eventos informales	Datos primarios / Entrevistas y encuestas	5,8		X	
	C33. Existencia de regulaciones sobre la conducta en casos de acoso laboral	Existencia de un protocolo para tratar casos de acoso laboral, así como un protocolo específico para tratar casos de acoso sexual	Sí, regulado por normativa institucional, pero en su mayoría desconocido en el centro	Datos primarios / Entrevistas	2,7		X	
	C34. Existencia de un plan de igualdad	Conocimiento de la existencia del plan de igualdad	Sí, regulado por normativas institucionales, aunque el contenido o las implicaciones son desconocidas en el centro	Datos primarios / Entrevistas	10	X		*
	C35. Formación específica de género	La existencia de formación de género en el centro de investigación	No hay formación específica de género	Datos primarios / Encuesta	7,8	X		*

Respecto a los resultados del modelo DANP y los valores IGIEs obtenidos para el CIE, proponemos algunas recomendaciones centrándonos en factores clave que deben considerarse al diseñar acciones de género en este centro. Estos factores clave serán aquellos indicadores que son importantes o influyentes (o aquellos que combinan ambas propiedades), y cuyos valores IGIE son bajos o cualitativamente deficientes para el centro. Proponemos recomendaciones para aquellos indicadores marcados con * en la Tabla 5.

Con fines de recomendación, de la lista total de 14 indicadores elegimos aquellos que suman el 50% del peso total. Esta priorización nos permite centrarnos en los factores más importantes que probablemente tendrán el mayor impacto en el resultado y evita incluir demasiadas recomendaciones que podrían conducir a una complejidad excesiva y potencialmente oscurecer la mejora del proceso. Por lo tanto, analizaremos más a fondo los indicadores que suman el 50% del proceso de ponderación según la Figura 3: C24, C34, C11, C21 y C35.

4. Conclusiones

Respecto a los resultados del modelo DANP y los valores IGIE obtenidos para el CIE, proponemos recomendaciones en los siguientes indicadores identificados (marcados en la Tabla 5 con *): C24. Diversidad de género en posiciones de liderazgo organizativo, C34. Conciencia de la existencia de un plan de igualdad, C11. Diversidad de género en el liderazgo de la investigación - % de investigadoras principales de proyectos, C21. Segregación vertical, C35. Formación específica de género, C31. Facilidad de uso de medidas de conciliación.

La falta de mujeres en posiciones de liderazgo organizativo es extrema en el caso del estudio, ya que no hay mujeres en posiciones de liderazgo. La representación insuficiente o, en este caso, inexistente de mujeres en posiciones altas podría disuadir a las mujeres de unirse a una organización en la que no prevén un desarrollo profesional para ellas. Además, la ausencia de mujeres en posiciones altas puede desincentivar potencialmente entrar en una institución donde las dinámicas de género pueden suponer un desafío. Estos argumentos también se aplican al indicador C21 Segregación vertical y C11 Diversidad de género en el liderazgo de la investigación. En el caso del indicador C11, vale la pena destacar que ser el investigador principal de proyectos es un requisito para progresar en la investigación académica en el sector energético en España.

La formación de género abordaría dos aspectos diferentes identificados en este caso de estudio. Primero, proporcionaría formación a aquellas personas que reconocen que existe una brecha de género y están dispuestas a trabajar para reducirla, pero no tienen las herramientas o el conocimiento para abordarla ni como figura de poder ni como parte del grupo. Y segundo, aumentaría la conciencia de aquellos que consideran que no existe ninguna brecha de género y que no hay ningún problema, ni cambios que hacer para acomodar una visión más inclusiva.

Hay una percepción prevalente de que la meritocracia es la única política que funciona en el centro de investigación y todo lo demás, el género en particular, se descarta como un factor irrelevante. Muchos de los miembros no reconocen ninguna diferencia o desigualdad, pero los resultados muestran condiciones y percepciones desiguales. Por eso, la sensibilización puede ser un uso primario de los indicadores, así como enfrentar la resistencia esperada hacia cualquier medida de igualdad en ciertos grupos, podría ser otro aspecto a tener en cuenta.

Además, el conocimiento sobre el contenido del plan de igualdad es muy bajo. Las acciones para circularlo y hacerlo visible para el personal deberían ser promovidas por la dirección.

La disponibilidad de medidas de conciliación se identifica como un indicador crucial para el desarrollo profesional de las mujeres en STEM. Sin embargo, la disponibilidad no es suficiente. La aceptación del uso de tales medidas por parte del entorno laboral, así como si los hombres hacen uso de ellas, son factores importantes que influyen en el desarrollo profesional de las mujeres.

Además, la facilidad con la que las mujeres pueden utilizar las medidas de conciliación se considera un factor altamente relevante que nos lleva a creer que los centros que no ponen obstáculos en su camino, considerando las razones por las que las utilizan, sería un factor atractivo para las mujeres. Especialmente en un campo tan masculinizado como la ingeniería energética.

Aunque de forma informal las medidas de conciliación son comunes, al no ser oficiales deja a discreción del jefe de línea de investigación el poder dictar cuánto, cuánto tiempo y cuándo. Por lo tanto, un cambio de gestor podría implicar un cambio de condiciones.

Finalmente, una recomendación se dirige a la institución matriz del centro de investigación. El centro no tiene experiencia en igualdad de género, mientras que los planes de igualdad y otros se encuentran a nivel universitario. Hemos identificado que algunas distorsiones de género que existen en todo el sistema de investigación español, como la precariedad de género y el impacto de las responsabilidades familiares, no se mitigan con medidas del centro y las universitarias también están igualmente ausentes y sin reconocimiento.

5. Referencias

- Cannon, C. E. B., & Chu, E. K. (2021). Gender, sexuality, and feminist critiques in energy research: A review and call for transversal thinking. *Energy Research and Social Science*, 75(January), 102005. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102005>
- Carlsson-Kanyama, A., Ripa Juliá, I., & Röhr, U. (2010). Unequal representation of women and men in energy company boards and management groups: Are there implications for mitigation? *Energy Policy*, 38(8), 4737–4740. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.03.072>
- Cecelski, E. (2000). *The role of women in sustainable energy development*.
- Corona-Sobrino, C., García-Melón, M., Poveda-Bautista, R., & González-Urango, H. (2020). Closing the gender gap at academic conferences: A tool for monitoring and assessing academic events. *PLoS ONE*, 15(12 December), 1–23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243549>
- del Carmen Mayoral Gastón, M., Sala, A. M. L., Zafra, R., González, T. S., Garcés, E., Pozo-Bayón, M. Á., Campillo, N. E., Orozco, A. O., Faraldos, M., González-Sampériz, P., Criado-Boado, F., Iglesias, T. V.-S., Ruiz, M. C., & de Mujeres y Ciencia del CSIC, C. (2023). *Informe Mujeres Investigadoras 2023*. <https://doi.org/https://doi.org/10.20350/digitalCSIC/15338>
- Estadística, I. I. N. de. (2023). *Estadística de Personal de las Universidades. Curso 2021-2022*.
- Estudios, D. De, Fundación, D., & Fecyt, T. (2023). *CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS*.
- Farhar, B. C., Osnes, B., & Lowry, E. A. (2014). Energy and gender. In O. U. Press (Ed.), *Energy poverty: Global challenges and local solutions* (pp. 152–179).
- Feenstra, M., & Özerol, G. (2021). Energy justice as a search light for gender-energy nexus: Towards a conceptual framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 138(July 2020). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110668>
- Fraune, C. (2015). Gender matters: Women, renewable energy, and citizen participation in Germany. *Energy Research and Social Science*, 7, 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.02.005>
- Gabus, A., & Fontela, E. J. B. G. R. C. (1972). World problems, an invitation to further thought within the framework of DEMATEL. *Battelle Geneva Research Center*, 1(8).

- Gayoso Heredia, M., Sánchez-Guevara Sánchez, C., Núñez Peiró, M., Sanz Fernández, A., López-Bueno, J. A., & Muñoz Gómez, G. (2022). Mainstreaming a gender perspective into the study of energy poverty in the city of Madrid. *Energy for Sustainable Development*, 70, 290–300. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2022.08.007>
- Hanke, F., & Guyet, R. (2023). The struggle of energy communities to enhance energy justice: insights from 113 German cases. *Energy, Sustainability and Society*, 13(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s13705-023-00388-2>
- Imbulana Arachchi, J., & Managi, S. (2021). Preferences for energy sustainability: Different effects of gender on knowledge and importance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141(February), 110767. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110767>
- Innovación, M. de C. e. (2023). Científicas En Cifras. In *Estadísticas e indicadores de la (des)igualdad de género en la formación y profesión científica*.
- Oparaocha, S., & Dutta, S. (2011). Gender and energy for sustainable development. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(4), 265–271. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.07.003>
- Otero-hermida, P. (2020). for Responsible and Transformative Innovation : Putting People at the Centre . Exploring Windows for Change in a State Initiative on Gender and Innovation Monitoring within the European Merge of Governance Frames. In U. of A. Velez-Cuartas, Romero-Goyeneche (Ed.), *Transformative Metrics* (pp. 106–124).
- Otero-Hermida, P., & García-Melón, M. (2018). Gender equality indicators for research and innovation from a responsible perspective: The case of Spain. *Sustainability (Switzerland)*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/su10092980>
- Ryan, S. E. (2014). Rethinking gender and identity in energy studies. *Energy Research and Social Science*, 1, 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.02.008>
- Saaty, T. L. (2001). *The Analytic Network Process: Decision Making with Dependence and Feedback*. RWS Publications.
- Shailaja, R. (2000). Women, energy and sustainable development. *Energy for Sustainable Development*, 4(1), 45–64. [https://doi.org/10.1016/S0973-0826\(08\)60231-8](https://doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60231-8)
- Sovacool, B. K. (2014). What are we doing here? Analyzing fifteen years of energy scholarship and proposing a social science research agenda. *Energy Research and Social Science*, 1, 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.02.003>
- Strand, R., Spaapen, J., Bauer, M. W., Hogan, E., Revuelta, G., Stagl, S., Paula, L., & Guimaraes Pereira, A. (2015). *Indicators for promoting and monitoring Responsible Research and Innovation - Report from the Expert Group on Policy Indicators for Responsible Research and Innovation*. European Commission - Directorate-General for Research and Innovation.
- West, C., & Zimmerman, D. H. (1987). Doing gender. *Gender & Society*, 1(2), 125–151.

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

