

Estudio Prospectivo para el Grupo de Investigación en Sistemas de Energía Eléctrica (GISEL)

Sergio Andrés Solano Vega y Wilmer Rojas Osorio

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Industrial

Director

Ivonne Paola Hincapié Zarate

Esp. Evaluación y Gerencia de Proyectos

Codirector

Luis Eduardo Becerra Ardila

Ph.D. Gestión y Desarrollo Tecnológico en Ingeniería

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Ingeniería Industrial

Bucaramanga

2023

### **Dedicatoria**

Este trabajo es un homenaje a aquellos que siempre han estado a mi lado, mi familia. Especialmente a mis padres, por su dedicación y apoyo incondicional, sin ellos no habrían podido alcanzar tan anhelado logro, también a mis hermanos por ser mi constante motivación y aliento, espero haberlos hecho sentir orgullosos de lo que he logrado. Mi gratitud hacia ellos es inmensa, por todo lo que han hecho por mí hasta ahora, y espero la vida me alcance para recompensarles solo una pequeña parte de todo lo que he recibido de ustedes.

### **Agradecimientos**

En primer lugar, queremos expresar nuestra gratitud a Dios por guiarnos en nuestra formación profesional y permitirnos llegar hasta este punto. También queremos agradecer a la Universidad Industrial de Santander, especialmente a los profesores de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, quienes contribuyeron significativamente a nuestra formación como Ingenieros Industriales. La profesora Ivonne Paola Hincapié Zarate también tiene nuestro agradecimiento por su apoyo y sacrificio incondicional y constante durante la realización de este estudio, así como el codirector del mismo Luis Eduardo Becerra Ardila por su docencia y su entrega al proyecto, y sin duda alguna agradecerle enormemente al grupo de investigación en sistemas de energía eléctrica GISEL con su directora Mónica Andrea Botero y todos los docentes y profesionales que hacen parte de este, por su compromiso y valioso aporte para el desarrollo de este proyecto.

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción.....	15
1. Planteamiento del Problema .....	18
2. Objetivos.....	20
2.1. Objetivo General .....	20
2.2. Objetivos Específicos .....	20
3. Metodología .....	21
3.1. FASE 1: Diagnostico Situacional.....	21
3.2. FASE 2: Revisión documental.....	21
3.3. FASE 3: Análisis Nacional .....	22
3.4. FASE 4: Análisis estructural.....	23
3.5. FASE 5: Juego de actores .....	23
3.6. FASE 6: Definición del escenario.....	24
3.7. FASE 7: Recomendaciones .....	25
3.8. FASE 8: Documentación .....	25
4. Marco de Referencia .....	25
4.1. Marco de Antecedentes .....	25
4.2. Marco Teórico .....	28
4.2.1. Prospectiva.....	28
4.2.2. Método de los escenarios .....	31
4.2.3 Fases .....	32
4.2.4 Líneas de tiempo .....	40

4.2.5 software Minitab .....	40
5. Diagnóstico Inicial .....	41
5.1. Diagnostico situacional.....	41
5.1.1. Descripción del grupo.....	41
5.1.2. Estructura organizacional .....	44
5.1.3 Análisis FODA.....	46
5.2. Análisis Bibliométrico .....	47
5.1.1. Análisis Scopus .....	49
5.1.2. Análisis VOSviewer .....	51
6. Análisis Internacional.....	54
7. Análisis nacional .....	62
7.1. Factores políticos .....	64
7.1.1. Ministerio de Minas y Energía (MME) .....	66
7.1.2. Comisión de Regular de Energía y Gas (CREG) .....	66
7.1.3. La Unidad de Planeación Minero Energético (UPME).....	67
7.1.4. Superintendencia de servicios públicos domiciliarios (Superservicios).....	67
7.1.5. Superintendencia de industria y comercio .....	67
7.1.6. Instituto de Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPSE).....	67
7.2. Factores económicos .....	67
7.3. Factores socio-culturales .....	70
7.4. Factores tecnológicos .....	73
7.4.1. Avances en sistemas de almacenamiento. ....	74

7.4.2. Avances en la movilidad sostenible .....	74
7.4.3. Premios por innovación y transformación .....	76
7.4.4. Avances en la implementación desde el gobierno nacional.....	77
7.5. Factores ecológicos .....	80
7.5.1. Agencia Internacional de Energía (EAI) .....	81
7.6. Factores legales .....	82
8. Análisis estructural.....	86
8.1. Identificación de variables .....	86
8.2. Descripción relación entre variables .....	92
8.3. Determinación de las variables clave .....	93
9. Juego de actores .....	98
9.1. Cuadro de estrategias de actores .....	98
9.2. Identificar las apuestas estratégicas y los objetivos asociados. ....	102
9.3. Situar cada actor sobre cada objetivo .....	103
9.4. Enumerar, para cada actor las tácticas posibles .....	107
9.5. Evaluar relaciones de fuerza .....	112
9.6. Formulación de hipótesis .....	121
10. Identificación de escenarios.....	135
10.1. Valoración de la probabilidad de ocurrencia de las hipótesis.....	137
10.2. Análisis de escenarios posibles, realizables y deseables .....	141
10.2.1. Escenarios probables o realizables. ....	141
10.2.1. Escenario Deseable.....	142
11. Recomendaciones.....	143

11.1. Ejes estratégicos ..... 143

11.2. Lineamientos..... 144

12. Conclusiones ..... 148

Referencias Bibliográficas..... 151

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Tabla de cumplimiento de objetivos.....	17
Tabla 2 Proyectos en ejecución (1/2).....	43
Tabla 3 Proyectos en ejecución (2/2).....	44
Tabla 4 FODA (1/2).....	46
Tabla 5 FODA (2/2).....	47
Tabla 6 Beneficios tributarios.....	68
Tabla 7 Equipo de apoyo a la prospectiva.....	87
Tabla 8 Calificación influencia - dependencia .....	93
Tabla 9 Variables Estratégicas.....	98
Tabla 10 Actores.....	101
Tabla 11 Apuestas estratégicas y objetivos retadores .....	102
Tabla 12 Nivel de compromiso de orden 2 .....	110
Tabla 13 Movilización de actores sobre objetivos.....	119
Tabla 14 Tabla de compromiso y capacidad .....	122
Tabla 15 Eventos e hipótesis (1/2).....	136
Tabla 16 Eventos e hipótesis (2/2).....	137
Tabla 17 Tabla de valoración de probabilidad .....	138
Tabla 18 Probabilidades simples .....	139
Tabla 19 Probabilidades condicionales si realización.....	139
Tabla 20 Probabilidades condicionales si no realización.....	140
Tabla 21 Probabilidad acumulada de los escenarios.....	142

Tabla 22 Ejes estratégicos y lineamientos asociados (1/3) .....	145
Tabla 23 Ejes estratégicos y lineamientos asociados (2/3) .....	146
Tabla 24 Ejes estratégicos y lineamientos asociados (3/3) .....	147

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Diamante de la prospectiva.....	30
Figura 2 Zonas de la matriz .....	34
Figura 3 Estructura organizacional .....	45
Figura 4 Tipos de documentos.....	49
Figura 5 Cantidad de documentos por año .....	50
Figura 6 Cantidad de publicaciones por país.....	50
Figura 7 Consumo energético por país.....	51
Figura 8 Mapa de calor de las palabras clave .....	52
Figura 9 Mapa de citación de autores .....	53
Figura 10 Mapa de citación de documentos .....	54
Figura 11 Capacidad instalada de generación eléctrica [MW; %] 2020.....	63
Figura 12 Generación eléctrica por fuente [GWh; %] 2020.....	64
Figura 13 Objetivos de desarrollo sostenible .....	65
Figura 14 Estructura nacional.....	66
Figura 15 Participación de consumo energético por sectores 1975 - 2019.....	70
Figura 16 Participación de matriz energética 1975 - 2019.....	71
Figura 17 Priorización de variables .....	89
Figura 18 Mapa y grafico de influencias directas .....	94
Figura 19 Mapa y grafico de influencias indirectas.....	95
Figura 20 Mapa y grafico de influencias indirectas potenciales.....	96
Figura 21 Mapa de desplazamiento entre las influencias directas y las indirectas potenciales....	97

Figura 22 Matriz de Actores x Objetivos (1MAO).....	104
Figura 23 Gráfico de convergencias de primer orden.....	106
Figura 24 Gráfico de divergencias de primer orden.....	107
Figura 25 Matriz de posiciones valoradas (2MAO).....	108
Figura 26 Histograma de implicación de actores sobre objetivos 2MAO.....	109
Figura 27 Gráfico de convergencias entre actores de orden 2.....	111
Figura 28 Gráfico de divergencias entre actores de orden 2.....	111
Figura 29 Matriz de influencias directas (MID).....	113
Figura 30 Matriz de influencias directas e indirectas (MIDI).....	114
Figura 31 Plano de influencias y dependencias entre actores.....	114
Figura 32 Balanza neta de influencias (BN).....	116
Figura 33 Histograma de relaciones de fuerza MIDI.....	117
Figura 34 Histograma de la movilización de los actores sobre los objetivos (3MAO).....	118
Figura 35 Gráfico de convergencias entre actores de orden 3.....	120
Figura 36 Gráfico de divergencias entre actores de orden 3.....	121
Figura 37 Histograma de probabilidad de los escenarios.....	141

### **Lista de Apéndices**

Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS

Apéndice A. Entrevistas exploratorias

Apéndice B. Análisis complementario

Apéndice C. Listado inicial de variables

Apéndice D. Listado agrupado de variables

Apéndice E. Priorización de variables

Apéndice F. Matriz de influencias directas

Apéndice G. Matriz promedio, moda y final

Apéndice H. Entrevistas semiestructuradas MACTOR

Apéndice I. Tabla de relación entre variables, objetivos, apuestas y ejes estratégicos

## Resumen

**Título:** Estudio prospectivo para el Grupo de Investigación en Sistemas de Energía Eléctrica (GISEL).\*

**Autores:** Sergio Andrés Solano Vega y Wilmer Rojas Osorio.\*\*

**Palabras Clave:** Prospectiva, escenarios, grupo de investigación, GISEL, sector energético, análisis estructural

### Descripción:

El trabajo que se presenta a continuación está enmarcado en el Estudio prospectivo para el grupo de investigación en sistemas de energía eléctrica GISEL, perteneciente a la Universidad Industrial de Santander UIS. El estudio prospectivo busca predecir, planificar y establecer los posibles eventos futuros identificando tendencias, riesgos y oportunidades para ayudar al grupo a tomar las mejores decisiones, teniendo en cuenta que la obtención de buenos resultados depende de la selección correcta de las herramientas disponibles.

Se parte de la identificación de la situación actual del grupo la cual se logra con la construcción de un análisis FODA, del mismo modo se pretende identificar la situación actual del sector energético por lo que se realiza un análisis nacional e internacional. Esto permite la recolección de una serie de variables que influyen en el sistema, mediante un análisis estructural se identifican las variables clave a abordar. Usando la metodología del juego de actores se establecen los grupos de interés más relevantes para el grupo y se cruzan con los objetivos que este tiene para visibilizar los impactos que se generan. A continuación, se plantean hipótesis futuras pensando en un escenario optimista al 2030, estas hipótesis se evalúan asignando probabilidades, lo que genera escenarios con distintas combinaciones.

Por último, se determina el escenario deseado y se plantean una serie de lineamientos que conduzcan al grupo hacia este futuro.

Este documento con la información recolectada pretende brindar un panorama guía para posibles ensayos y/o estudios de investigación que contribuyan en la creación del plan estratégico del grupo de investigación.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Programa de Ingeniería Industrial. Directora: Ivonne Paola Hincapié Zárate, Especialista en Gestión y Evaluación de Proyectos. Codirección: Luis Eduardo Becerra Ardila, Ph.D. Gestión y Desarrollo Tecnológico en Ingeniería

### Abstract

**Title:** Prospective study for the Research Group in Electric Energy Systems (GISEL).\*

**Author(s):** Sergio Andrés Solano Vega and Wilmer Rojas Osorio.\*\*

**Key Words:** Prospective, scenarios, research group, GISEL, energy sector, structural analysis.

**Description:**

The work presented below is grounded in the prospective study for the research group in electrical energy systems GISEL, belonging to the Universidad Industrial de Santander UIS. The prospective study seeks to predict, plan and establish possible future events by identifying trends, risks and opportunities. This aims to help the group to make the best decisions, taking into account that obtaining good results depends on the proper selection of the available tools.

The starting point is the identification of the current situation of the group, which is achieved with the construction of a SWOT analysis, as well as the identification of the current situation of the energy sector, therefore, a national and international analysis is carried out. This allows the collection of a series of variables that influence the system, through a structural analysis the key variables to be addressed are identified. Using the stakeholder game methodology, the most relevant contributors for the group are established and crossed with the group's objectives in order to make visible the impacts generated. These hypotheses are then evaluated by assigning probabilities, which generates scenarios with different combinations.

Finally, the desired scenario is determined and a series of guidelines are proposed to lead the group towards this future.

This document, with the information collected, aims to provide a guiding panorama for possible trials and/or research studies that contribute to the creation of the research group's strategic plan.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Physical-mechanical Engineering. Industrial and Business Studies School. Industrial Engineering Program. Director: Ivonne Paola Hincapié Zaraté, Specialist Project Management and Evaluation. Co-director: Luis Eduardo Becerra Ardila, Ph.D. Management and Technological Development in Engineering

## Introducción

El ser humano en el desarrollo de la civilización ha utilizado en mayor medida energías renovables como la hidráulica o eólica, y no fue sino hasta la revolución industrial que se inclinó la balanza a los combustibles fósiles, en estos últimos años el consumo creciente e intensivo de energía ha dejado claro que preservar el sistema energético actual para las siguientes generaciones simplemente no es sostenible, ya que este sistema entre otras consecuencias contribuye al efecto invernadero, la contaminación, la lluvia acida y la deforestación, no dejando de lado el hecho de que las reservas de combustible son finitas.

La necesidad de un cambio ha despertado un interés global por desarrollar nuevos métodos o sistemas de generación de energía, lo que ha propiciado el surgimiento de cambios tecnológicos y estructurales en el sector, como respuesta un alto número de entidades implementan programas de planeación estratégica a corto, mediano y largo plazo, a fin de permanecer y seguir siendo competitivos, estas decisiones no dejan de ser apuestas al futuro por lo que pueden implicar mucho riesgo y dinero, según Chiavenato (2017):

Además del diagnóstico estratégico externo e interno, es preciso definir las premisas, ponderar los eventuales acontecimientos y visualizar las posibles consecuencias futuras, con el propósito de minimizar los riesgos inherentes a la toma de decisiones, porque la planeación estratégica se realiza con base en las decisiones de hoy que construirán el mañana (p.83)

En este proceso de visualización resaltan metodologías prospectivas como la creación de escenarios ya que este enfoque genera conocimientos lógicos sobre el futuro que los tomadores de decisiones pueden usar para determinar la mejor manera de responder a situaciones alternativas,

según Godet (2000) “Un escenario no es una realidad futura, sino un medio de representarla con el objetivo de esclarecer la acción presente a la luz de los futuros posibles y deseables” (p.26).

Este proyecto surge con la finalidad de servir como herramienta de apoyo en la formulación de estrategias competitivas para el grupo GISEL de la escuela de eléctrica de la Universidad Industrial de Santander, mediante la formulación de un estudio prospectivo utilizando el método de los escenarios. Esto le permitirá al grupo visualizar y prepararse ante diferentes posibles futuros y tomar decisiones estratégicas en consecuencia, además, el contenido del documento facilitará la identificación de incertidumbres y riesgos en el entorno empresarial y académico, lo que conllevará a planes de acción que los aborde. Este estudio, y estudios semejantes, ayudaran al grupo de investigación a ser más proactivo en lugar de reactivo ante los cambios en el entorno.

### Tabla de cumplimiento de objetivos

La tabla 1 muestra los objetivos específicos que se plantearon en la realización del proyecto y el numeral donde se da cumplimiento.

#### Tabla 1

*Tabla de cumplimiento de objetivos*

Objetivo	Cumplimiento
Realizar un diagnóstico situacional y definir las necesidades de información del grupo de investigación GISEL.	numeral 5.1
Realizar una revisión bibliométrica que permita conocer y analizar las tendencias de la situación actual del sector energético.	numeral 5.2; 6 ;7
Identificar variables estratégicas para el grupo y clasificarlas por dimensiones.	numeral 8
Plantear el escenario deseable que cumpla con las expectativas enunciadas, y además dé un uso razonable de los recursos del grupo de investigación.	numeral 10
Definir los ejes estratégicos que permitan esclarecer un horizonte para el grupo.	numeral 11.1
Elaborar lineamientos que le permitan al grupo de investigación GISEL alcanzar el escenario apuesta.	numeral 11.2

## 1. Planteamiento del Problema

El acuerdo de París llevado a cabo el 12 de diciembre del 2015 se convirtió en un hito al generar un pacto vinculante entre todos los países, en pro de afrontar el cambio climático y limitar el calentamiento mundial, como consecuencia de este acuerdo, cada país está implementado estrategias para la neutralización del carbono, de ellas, el sector de la energía y el transporte se han convertido en un foco principal (UNFCCC, 2022), de manera que se presentan fuertes cambios y avances tecnológicos consecuentes con la incorporación de nuevas fuentes de generación de energía primaria o igualmente llamada transición energética, Colombia no es una excepción, aunque es cierto que en países de la zona centro y sur americana se cuenta con una matriz energética más diversa, en nuestra región la dependencia de combustibles fósiles sigue siendo alta (Corredor, 2018), y aún quedan muchos cambios por afrontar.

Pero ¿cuáles serán los cambios que se darán en este sector para los siguientes años?, ¿Qué fuentes de generación de energía serán promovidas y cuáles serán las tecnologías que se impulsarán en la región por estos beneficios? estas son solo algunas de las preguntas que se generan al pensar en el futuro del sector energético colombiano, cuestiones que un grupo de investigación, formación, innovación y desarrollo tecnológico como el GISEL no puede pasar por alto.

El Grupo de Investigación en Sistemas de Energía Eléctrica fue creado en 1996, respondiendo a la necesidad existente por el crecimiento del sector eléctrico, desde sus inicios se ha caracterizado por basar su filosofía en la revisión de las tendencias globales y su adopción y aplicación en el ámbito nacional, en su trayectoria ha logrado generar vínculos con importantes empresas e instituciones educativas a nivel internacional. Actualmente cuenta con 14 profesionales que llevan la dirección del grupo, y que buscan que no solo mantenga su clasificación A1 dada por

Minciencias sino que este sea pionero en materia de innovación y contribución al sector eléctrico colombiano.

Se hace necesaria la visualización de un futuro posible, dotado de realidad y aterrizado al contexto nacional, que sirva de referencia para la elaboración de planes estratégicos acertados y convenientemente alineados a los intereses del grupo.

La importancia radica en dar respuesta a esta necesidad mediante la adopción de la metodología prospectiva, en donde usando herramientas como MicMac y Mactor, se encontrarán las variables que afectan al sector, así mismo los actores que influyen sobre él, para finalmente hacer una construcción de un escenario que permita esclarecer un horizonte para el grupo.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo General

Realizar un estudio prospectivo utilizando el método de los escenarios que sirva como herramienta de apoyo para la formulación de estrategias competitivas a mediano y largo plazo del grupo de investigación GISEL

### 2.2. Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico situacional y definir las necesidades de información del grupo de investigación GISEL.
- Realizar una revisión bibliométrica que permita conocer y analizar las tendencias de la situación actual del sector energético.
- Identificar variables estratégicas para el grupo y clasificarlas por dimensiones.
- Plantear el escenario deseable que cumpla con las expectativas enunciadas, y además dé un uso razonable de los recursos del grupo de investigación.
- Definir los ejes estratégicos que permitan esclarecer un horizonte para el grupo.
- Elaborar lineamientos que le permitan al grupo de investigación GISEL alcanzar el escenario apuesta.

### **3. Metodología**

Conforme a los objetivos previamente propuestos se plantea el siguiente esquema metodológico para el presente proyecto.

#### **3.1. FASE 1: Diagnostico Situacional**

En esta fase se recaban datos mediante fuentes primarias y secundarias sobre el grupo de investigación GISEL, primero se hace una búsqueda electrónica en la que se pretende encontrar toda la información disponible en la web sobre el grupo de investigación, estos datos se procesan y analizan para luego definir un método de acercamiento a los profesionales o investigadores del grupo con el objetivo de complementar la información obtenida, de modo que se construye una herramienta de recolección de información primaria con la ayuda de la directora y codirector del proyecto, que en este caso se plantea como entrevistas semi-estructuradas, para posteriormente ejecutarse mediante reuniones en zoom, por último, se consolida toda la información obtenida y se lleva a cabo una breve descripción de la historia y la situación actual del grupo, se presenta una estructura organizacional y se complementa con un análisis FODA.

#### **3.2. FASE 2: Revisión documental**

En esta fase se definen los términos o palabras clave a investigar, así como las bases de datos a usar, en el primer caso se buscan temáticas que involucren estudios prospectivos y se relacionen con la energía eléctrica, luego se realiza un proceso de prueba y error hasta encontrar la ecuación de búsqueda adecuada para el proyecto, en cuanto a las fuentes de información a utilizar se escoge la que mayor cantidad de información arroja en cuanto a artículos indexados que en este caso fue Scopus, y se complementa con motores de búsqueda como Google scholar, luego se realiza un análisis bibliométrico con ayuda de herramientas como Vosviewer y el propio sistema de análisis de Scopus, de estas herramientas se logran realizar series de tiempo de cantidad de

publicaciones, discriminación por países, y se obtienen las palabras más relevantes, los autores más influyentes y los documentos más citados, generando redes de colaboración entre autores y documentos.

Después, se realiza un análisis internacional, para ello, se realiza una revisión de los documentos más relevantes arrojados por el análisis bibliométrico, con el fin de dar un preámbulo de la situación global actual partiendo de los análisis prospectivos ya realizados por autores internacionales, se contrasta la información obtenida con series de tiempo y pronósticos de elaboración propia tomando datos de consumo energético, generación de co<sub>2</sub>, y crecimiento poblacional de fuentes confiables disponibles en la web, y con ayuda de herramientas estadísticas como Minitab, así mismo, se incorporan series de tiempo y pronósticos adicionales para cada tipo de energía con la intención de identificar tendencias y resaltar variables claves en el sector energético global.

### **3.3. FASE 3: Análisis Nacional**

En esta fase se pretende revisar ciertos factores nacionales que inciden en este proyecto, que son políticos, económicos y tecnológicos, además, aspectos energéticos tales como carga instalada, generación y consumo de electricidad, estos son importantes ya que corresponden a la situación actual del sistema eléctrico colombiano, igualmente se presentan líneas de tiempo y un pronóstico sobre los distintos tipos de generación de energía en el país, de tal manera que permita identificar posibles variaciones o comportamientos tendenciales que son apropiados para este estudio. Para lo anterior se realiza una búsqueda en bases de datos, páginas nacionales, revistas y videos, con el fin de entender el sector y contrastarla con la realidad internacional previamente identificada.

### **3.4. FASE 4: Análisis estructural**

Para el desarrollo de esta fase se debe tener en cuenta que este análisis básicamente busca identificar las variables clave, es decir en las que se deben enfocar los esfuerzos para tomar las mejores decisiones para el futuro. De acuerdo con lo anterior esta fase se inicia con un listado de variables que aporten a una representación del sistema estudiado junto con su entorno, está identificación se realiza lo más exhaustiva posible, puesto que la diversidad de ideas debe ser acorde a la pertinencia de cada variable, de allí, se clasifican junto con una descripción, luego se cargan estas variables al software MICMAC en donde se llena la matriz de influencias directas (MID) para determinar la relación entre las variables. Esta relación se apoya en la información previamente encontrada, además se plantea una nueva metodología de acercamiento a los profesionales para discutir y llegar a un consenso para soportar las decisiones.

Los parámetros a tener en cuenta para llenar la matriz son: (0) significa sin influencia, (1) débil, (2) media, (3) fuerte, y (p) potencial para futuro, también se presenta el gráfico de influencias directas e indirectas, en este punto ya se pueden generar algunas conclusiones importantes para el corto, mediano y largo plazo. Asimismo, se presenta el mapa de influencia vs dependencia, tomando como referencia las variables que se encuentren en zona de conflicto, ya que son variables que influyen a las demás, pero a su vez se dejan manejar por el grupo y esas se convierten en las variables clave resultantes del análisis estructural.

### **3.5. FASE 5: Juego de actores**

En esta fase se realiza una caracterización y listado de actores tanto del estado, medios de producción, sociedad civil y academia, se presenta una descripción y sus distintas motivaciones (la información de esta fase se recaba mediante fuentes secundarias y encuentros con el conjunto de profesionales del grupo) luego se cargan los actores al software MACTOR y con eso se califican

las siguientes matrices. En la primera se identifican los actores de alto poder, mediano poder y bajo poder, los criterios de calificación de la matriz son: (0) influencia nula, (1) influencia débil, (2) influencia moderada, (3) influencia fuerte, (4) influencia muy fuerte. La segunda matriz corresponde a un análisis de entorno, referente al comportamiento de los actores frente a los objetivos retadores del grupo, asimismo se presenta un histograma de la relación de fuerzas entre su influencia y su dependencia y se observan los actores de alto poder. La tercera matriz corresponde a la posición de los actores frente a los retos u objetivos del grupo donde se da una valoración entre los autores del estudio y los profesionales, los criterios son los siguientes: (4) totalmente a favor, (3) a favor, (2) medianamente a favor, (1) debidamente a favor, (0) ni a favor ni en contra, (-1) debidamente en contra, (-2) moderadamente en contra, (-3) en contra, (-4) totalmente en contra, posterior a ello, se visualizan los objetivos que presentan mayor resistencia a ser realidad, también se muestra un gráfico de convergencia "interés comunes" y un gráfico de divergencia entre actores, por último, se realiza un juego de balanzas dónde se muestra el objetivo y los actores que están a favor y los que están en contra, con los actores que se oponen al objetivo se tiene el reto de crear estrategias de mutuo beneficio con la intención de posicionarlos del otro lado de la balanza.

### **3.6. FASE 6: Definición del escenario**

En la sexta fase se pretende formular y contextualizar los escenarios que resultan coherentes para la percepción del futuro, de ahí surgen los escenarios posibles, escenarios realizables y escenario deseable. Posteriormente los esfuerzos se inclinan sobre la formulación del escenario deseable, se parte de los resultados obtenidos en el análisis estructural MicMac y el juego de actores Mactor, las variables clave y la posición e intereses de los actores se interconectan y así crean estos eventos futuros deseados, la unión de estos forman el escenario que cubre gran

parte del campo de probabilidades, lo cual da pie al planteamiento de estrategias y toma de decisiones más seguras.

### **3.7. FASE 7: Recomendaciones**

En esta fase se define una lista de ejes estratégicos para el grupo de investigación, dentro de cada eje estratégico se plantean una serie de pautas o lineamientos que sirven de guía para lograr llegar al escenario apuesta.

### **3.8. FASE 8: Documentación**

Como última fase se construye el documento de investigación como proyecto de grado.

## **4. Marco de Referencia**

### **4.1. Marco de Antecedentes**

Serrano y Zárate (2016) en su proyecto “Estudio de la prospectiva y viabilidad de las energías renovables eólica y solar en Colombia a 2050 por medio del software leap” realizaron un análisis de las energías eólica y solar con el propósito de desarrollar una prospectiva de evolución de estas al 2050, ellos implementaron un modelo de cuatro fases, con las tres primeras, análisis estructural, análisis del juego de actores y elaboración de escenarios, se identificaron las variables que afectaban a los parámetros consumo, generación, demanda y capacidad, con ayuda del método MicMac, y al mismo tiempo se generaron los 3 escenarios, uno tendencial y dos posibles, que para la cuarta fase fueron simulados en el software leap con el propósito de pronosticar hasta el 2050 los valores de la demanda, capacidad, generación y consumo energético de Colombia, esto arrojó una fuerte tendencia al crecimiento del sector comercial y público en cuanto a consumo energético, del mismo modo, se evidencia una necesidad indispensable hacia la incorporación de fuentes de energía adicionales a la hídrica, que aunque es abundante, se ve altamente afectada por factores externos, los autores resaltan la energía eólica y solar como alternativas viables gracias a sus costes

competitivos y por este motivo eligen como escenario deseable aquel que proyecta una mayor participación de estas energías, aunque este escenario se fundamenta en la premisa de que el gobierno por medio de legislaciones, promueva las energías renovables en el corto plazo, lo que permita una fuerte penetración de las mismas (Serrano y Zárate, 2016). Este proyecto está relacionado con el presente trabajo, en la medida que da una idea local de la tendencia energética, y así mismo, permite ir identificando algunas variables clave dentro del sector, que tuvieron un papel importante para la construcción de los escenarios, entre ellas, el papel del gobierno, o la incidencia del clima como factor de cambio en el consumo. Asimismo, este trabajo nos permite identificar algunas herramientas del método prospectivo que están siendo empleadas en el sector, como el método MicMac y el análisis de escenarios.

De la misma manera Cortés y Casas (2016) en su trabajo “Estudio de prospectiva de energía eléctrica en consumo, demanda, generación y capacidad instalada de Colombia para el año 2050” para lograr el título de ingenieros electricistas, mencionaron e hicieron énfasis en el crecimiento de consumo y la importancia de la energía eléctrica, por lo cual se hizo un estudio de prospectiva para redireccionar el país en el corto, mediano y largo plazo en cuanto a materia energética, para la elaboración de esta prospectiva mencionaron las siguientes etapas metodológicas que son: la selección de las variables representativas para el sector eléctrico de tal manera que se pudieran desprestigiar aquellas que no lo fueran y las demás se dejaran modelar, análisis estructural con ayuda de la matriz MicMac, se establecen los escenarios los cuales describen los posibles cambios a partir de las hipótesis, que fueron denominados escenario gris, verde y tendencial y por último modelados en la metodología LEAP, Esa investigación ayudó a ver cómo el sector eléctrico en el país crecerá y que acciones permitirían potencializar notablemente la integración de nuevas tecnologías en generación de energía eléctrica acondicionando el campo para una mejor

repartición, el anterior proyecto tiene relación con el actual estudio debido a que presenta contexto de la situación actual de energía eléctrica en el país y define variables pertinentes para el estudio como por ejemplo que el 72% de la energía eléctrica en el país hoy en día proviene de hidroeléctricas cuando existen tecnologías que pueden mejorar la participación y puede ser más limpia, la presente investigación tiene relación con lo anteriormente mencionado porque así en las herramientas utilizadas en la prospectiva estará presente información de generación de energía solar fotovoltaica, eólica o la generación de energía con biomasa.

Por otro lado Ruiz (2017) en su tesis de grado “Análisis prospectivo de la generación fotovoltaica distribuida en Colombia, en el marco legal de la ley 1715 de 2014” para optar el título de especialista en sistemas de distribución de energía eléctrica realiza un análisis prospectivo mediante el método MACTOR con el que logra explicar algunas características entre las relaciones entre actores del sector de la generación fotovoltaica distribuida, tales como el hallazgo de una disparidad entre los intereses de las empresas fotovoltaicas y la unión conformada por el estado y los usuarios, debido al costo de esta energía solar fotovoltaica comparada con la energía convencional, también encontraron que las empresas y los usuarios no tienen un alto grado de influencia en cuanto al desarrollo de la generación distribuida fotovoltaica, y quienes si controlan este desarrollo son el gobierno y los generadores denominados agentes del mercado 2, en consecuencia se encontró que para el único sector que el cambio resultaría viable sería para los estratos 5 y 6 quienes actualmente pagan un 20% más sobre su consumo básico, un incentivo legislativo por parte del gobierno hacia el auto abastecimiento energético mediante generación fotovoltaica le daría a este sector poblacional un retorno de la inversión en un plazo relativamente corto. Este proyecto está relacionado con el presente documento en la medida en que usan el método prospectivo para visualizar un futuro próximo de la energía, encaminada a un sector

especifico el cual es el de la generación de energía solar, así mismo la forma en la que el autor lleva a cabo el método MACTOR en su trabajo sirve de apoyo ya que muestra una forma eficiente de relacionar los actores en búsqueda de su convergencia, para finalmente encontrar el grado de influencia que tienen sobre las variables estratégicas.

## **4.2. Marco Teórico**

Para el desarrollo de este trabajo se hizo una revisión de literatura que brinda información acerca del avance y de la importancia de aplicar estudios prospectivos. Con el propósito de dar contexto más amplio de la investigación es importante profundizar en conceptos, términos, y herramientas fundamentales para el desarrollo de este trabajo, los cuales se presentan a continuación:

### **4.2.1. Prospectiva**

La prospectiva es un término que en las últimas décadas ha ganado reconocimiento a nivel mundial debido a la importancia que tienen estos estudios para identificar, plantear y estructurar acciones basándose en una serie de análisis de un sistema estudiado y así evitar tomar la toma errónea de las decisiones. La prospectiva la ciencia de hacer predicciones sobre una situación en particular mediante la realización de unos estudios exploratorios.

Bakule et al, (2017) describe que

La prospectiva es una recopilación sistemática de información sobre el futuro y un insumo para la elaboración de una visión a largo plazo que identifica oportunidades y áreas de vulnerabilidad para colaborar con la toma de decisiones en el presente. (p.25)

A su vez, otra definición acorde es que “la prospectiva es una reflexión sobre el porvenir para aclarar la acción presente, cuestión vital para la supervivencia y el desarrollo de las empresas, en un mundo en constante mutación” (Rodriguez Gomez, s.f, p. 29)

Debido a que no existe una sola definición de prospectiva uno de los conceptos más reconocidos a nivel general que la prospectiva es una reflexión antes de la acción, que permite hacer una anticipación a las acciones disminuyendo la incertidumbre También menciona que la crisis surge como resultado de las diferencias entre la situación actual y la situación deseada (Godet, 1993), planteando la prospectiva como un posible futuro deseado y que esto no sucede aleatoriamente sino que depende de las acciones que se tomen hoy en día por parte del hombre.

Existen varias técnicas para el análisis de estudios prospectivos, pero todos tienen la finalidad de abordar la manera de encontrar datos e información pertinentes sobre los posibles resultados a futuro, estos métodos son flexibles se pueden ajustar al sistema en cuanto a la clase del problema que se desea estudiar y en cuanto al nivel de los resultados.

Bakule et al, (2017) afirma que:

Las metodologías de prospectiva pueden dividirse en varias categorías: métodos exploratorios y normativos, y métodos complementarios. Estos últimos incluyen técnicas que no se consideran directamente como métodos prospectivos, pero que contribuyen de alguna manera a alcanzar sus objetivos. Esta categoría comprende al análisis FODA, la revisión bibliográfica y de estadísticas, grupos de discusión y lluvia de ideas (p.31).

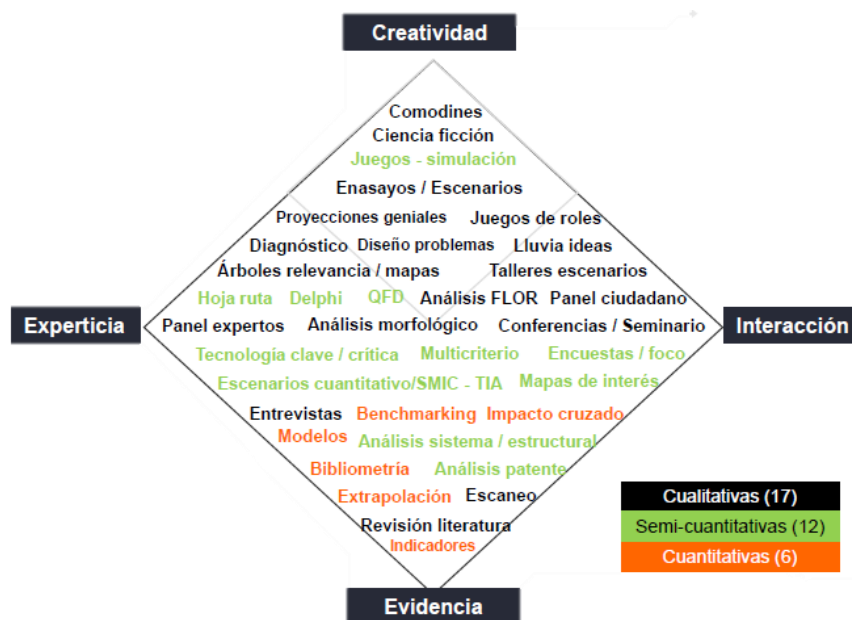
Estos métodos exploratorios tienen su punto de partida haciendo un análisis de tendencias y de acontecimientos del presente e intentan predecir hacia donde estos nos pueden llevar, es decir comienzan con las condiciones previas, creencias y posibilidades sociales o tecnológicas que ya existen (Magnus, 2012, como se citó en Bakule, et al, 2017), Entre las técnicas más conocidas para esta categoría se encuentra el método Delphi y análisis de escenarios

**4.2.1.1. Métodos normativos:**

El enfoque normativo comienza por predecir un futuro ideal o probable y realizar un análisis retrospectivo comparando variables para determinar si ese futuro es alcanzable o evitable según sea el caso, las técnicas que se usan para realizar estudios prospectivos son variadas, los investigadores pueden elegir y combinarlas ya que en generar los resultados de una técnica pueden ser base para una segunda técnica, en la figura 1, se presentan los métodos que se usan con mayor frecuencia (Bakule, et al, 2017)

**Figura 1**

*Diamante de la prospectiva*



*Nota. Tomado de (Popper, Georghiou, Cassingena, Keenan, & Miles, 2008)*

Los métodos basados en la creatividad requieren una combinación del pensamiento original, imaginario y creativo, estos se basan en gran medida en el ingenio de los individuos concedores del sistema, y se caracterizan por ser exploratorios. Los conocimientos especializados se refieren a las habilidades y conocimientos de los individuos de un área en particular que pueden dar alguna recomendación basada en experiencia y orientar mejor para la toma de decisiones. La

interacción parte de reconocer que la experticia se debe entrelazar con el conocimiento no experto, este tipo de métodos se fundamenta en la participación. Las pruebas empíricas reconocen que es importante explicar o predecir un fenómeno con apoyo de documentos o datos estadísticos (Bakule, et al, 2017)

#### ***4.2.2. Método de los escenarios***

El escenario, elabora una explicación de un futuro posible dando a conocer la manera de alcanzarlo. Según Godet & Durance (2007) no existe una forma única para desarrollar los escenarios futuros, sin embargo, se entiende por método de escenarios el análisis compuesto de una serie de pasos que siguen una clara secuencia lógico, de acuerdo con el autor, se trata de describir un posible futuro y dar a conocer los eventos coherentes que conducen al mismo.

Los escenarios son la combinación de una serie de componentes y formas establecidas en el sistema, la posibilidad que ocurra el suceso está ligada a las interacciones de las probabilidades de cada uno de los componentes que conforman dichos escenarios

Existen tres diferentes tipos de escenarios

##### **4.2.2.1. Escenarios posibles:**

Son todos aquellos escenarios que se puedan imaginar sin importar si su probabilidad de ocurrencia es alta o baja, es el universo más amplio de la clasificación.

##### **4.2.2.2. Escenarios realizables:**

Son todos aquellos escenarios que puedan llegar a cumplirse teniendo en cuenta las restricciones es decir que su ocurrencia es factible.

##### **4.2.2.3. Escenarios deseables:**

Son todos los escenarios a los que los actores quieren llegar también pueden ser calificados como los escenarios más convenientes, pero pese a que son posibles no todos son realizables.

Según lo mencionado el libro “Prospectiva Estratégica: problemas y métodos”, este método se puede dividir en tres grandes etapas (Cely b., 1999)

**4.2.2.3.1. La construcción de la base:** Esta primera brinda un contexto y un panorama del estado actual del sistema a estudiar y su entorno, este panorama debe presentar aspectos cualitativos y cuantitativos Y dejar claro las tendencias del sistema, hechos relevantes para cambios futuros, es importante la delimitación del sistema, determinar las variables esenciales y analizar la estrategia de actores.

**4.2.2.3.2. Balizar el campo de los posibles y reducir la incertidumbre:** las variables clave están identificadas y el juego de actores esta analizado, con ello a partir de supuestos se pueden plantear posibles futuros, para descomponer el sistema se estudian combinaciones entre las imágenes posibles y con la ayuda de expertos se reducirá la incertidumbre.

**4.2.2.3.3. La construcción de escenarios:** debido a que pueden estar ligados a dos o más supuestos, los escenarios se encuentran en una situación prematura, por ello, lo ideal es describir una serie de pasos que conducen de la situación actual a las imagines finales o futuros deseados” (Godet & Durance , 2007, pp. 45 - 48)

### **4.2.3 Fases**

De acuerdo con Cely (1999):

Esta metodología se desarrolla en tres fases: análisis estructural, análisis del juego de actores y elaboración de escenarios, cuyo propósito es analizar el fenómeno en estudio desde un punto de vista retrospectivo y actual, teniendo en cuenta la influencia de los grupos sociales gestores de su desarrollo para, posteriormente, presentar la realidad futura en forma de escenarios. (p.26).

#### **4.2.3.1 Análisis estructural**

Esta es la primera fase de la metodología, presenta el conjunto de relaciones que conforman el sistema ya que son esenciales para comprender la evolución de este, partiendo de esta descripción el análisis tiene como misión hacer notable las principales variables influyentes y esenciales para la evolución del sistema, este análisis estructural para el estudio prospectivo consta de tres etapas que se describen brevemente a continuación:

##### ***4.2.3.1.1. Identificación de variables***

Esta primera etapa consiste en elaborar una lista de variables que ponen en detalle el sistema estudiado y su entorno es decir variables internas y externas, es recomendable ser lo más exhaustivo posible para no excluir a priori ninguna variable, para la elaboración de dicha lista conviene apoyarse también en técnicas como lluvia de ideas o entrevistas con expertos debido a las ventajas competitivas que ellos poseen.

##### ***4.2.3.1.2 Descripción de relaciones entre las variables***

Normalmente una variable es tomada en cuenta por su relación con las demás variables, esta segunda etapa se encarga de relacionarlas en una tabla de doble entrada o matriz de relaciones directas.

Para llenar la matriz de impactos cruzados Godet & Durance (2007) proponen:

El relleno es cualitativo. Por cada pareja de variables, se plantean las cuestiones

siguientes: ¿existe una relación de influencia directa entre la variable *i* y la variable *j*?

si es que no, anotamos 0, en el caso contrario, nos preguntamos si esta relación de

influencia directa es, débil (1), mediana (2), fuerte (3) o potencial (4). (p.64)

#### 4.2.3.1.3 Identificación de las variables clave con el método MICMAC

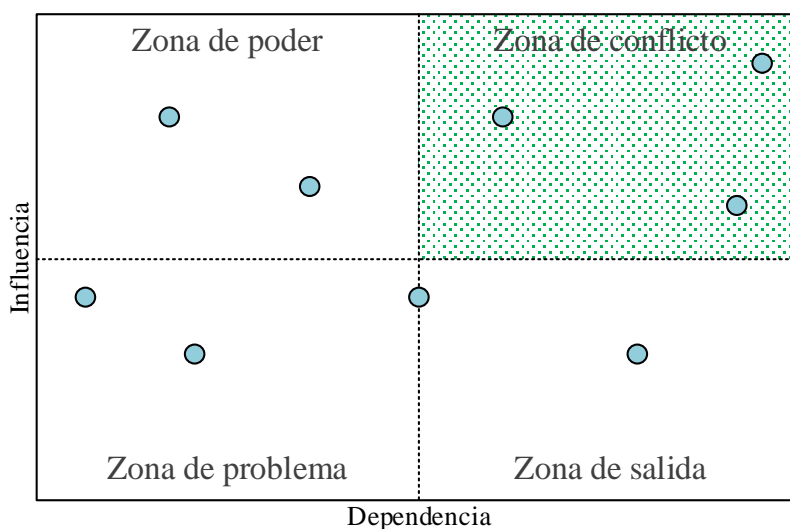
MICMAC conocida como matriz de impactos cruzados-multiplicación, facilita el análisis de la relación entre variables que componen un sistema, su misión es hallar las variables clave que son influyentes y dependientes. Con ello se puede sugerir ideas que se utilizan para la identificación de estrategias importantes ligadas al sistema de estudio.

La matriz se divide en cuatro zonas en un plano “x” con índice dependencia y plano “y” con índice de motricidad o influencia como se muestra en la figura 2, las cuatro zonas que son:

- Zona de poder: explican y condicionan el sistema son muy influyentes y poco dependiente.
- Zona de conflicto: se caracterizan por ser muy influyentes y muy dependientes, es decir, perturban el funcionamiento normal del sistema.
- Zona de problema: ya que están cerca al origen son poco influyentes y poco dependientes, se relacionan con tendencias pasadas o inercias del sistema, es decir, no lo perturban.
- Zona de salida: están las variables poco influyentes y muy dependientes, éstas no se pueden abordar de frente sino a través de las que dependa.

**Figura 2**

*Zonas de la matriz*



#### **4.2.3.2 Juego de actores MACTOR**

Es importante mencionar que así se tenga en cuenta las tendencias y estudios del futuro siempre está sujeto a múltiples posibilidades, esto porque cada uno de los actores tiene la libertad de aplicar acciones para obtener los resultados esperados y alcanzar sus objetivos, el objetivo del análisis del juego de actores (MACTOR) busca valorar las relaciones de fuerza y estudiar sus convergencias y divergencias con respecto a un número de posturas y de objetivos asociados

Se identifican cuatro actores principales:

- El poder: identidades gubernamentales que buscan el bien común
- La producción: tiene en cuenta organizaciones que producen bienes y servicios
- El saber: unidades investigativas e instituciones educativas
- La comunidad: las personas que están relacionados de una o de otra manera con las 3 anteriores.

Michel Godet menciona que MACTOR es una herramienta de análisis que facilita el conocimiento del valor de la información, este método se desarrolla en 6 fases:

##### ***4.2.3.2.1 Construcción del cuadro de estrategias de actores***

Plantear los proyectos las motivaciones de cada actor, sus influencias y sus medios de acción.

***4.2.3.2.2. Identificar las apuestas estratégicas y los objetivos asociados a estos campos de batalla.***

##### ***4.2.3.2.3. Situar cada actor sobre cada objetivo o campo.***

El sistema MACTOR puede determinar la valencia de cada actor frente a cada objetivo con la matriz IMAO, esta se calcula de la siguiente manera:

**Ecuación 1**

$$(1MAO)_{ij} = \text{Signo } ((2MAO)_{ij})$$

donde:

0: si el actor i, tiene una posición neutra con respecto al objetivo j

1: si el actor i, tiene una posición favorable con respecto al objetivo j

-1: si el actor i, tiene una posición desfavorable con respecto al objetivo j

La matriz 2MAO son datos de entrada del sistema y se explica en la siguiente etapa.

A partir de la matriz 1MAO se genera la matriz 1CAA que identifica para cada pareja de actores el número de objetivos sobre los cuales dos actores tienen la misma posición (favorable u opuesta), a partir de la siguiente formula:

**Ecuación 2**

$$\text{Si } ((1MAO)_{ik} \times (1MAO)_{jk}) > 0,$$

$$\text{entonces } (1CAA)_{ij} = 1/2 \times (|(1MAO)_{ik}| + |(1MAO)_{jk}|)$$

$$\text{si no } (1CAA)_{ij} = 0$$

De forma similar se calculan las divergencias con la matriz 1DAA que identifica para cada pareja de actores el número de objetivos sobre los cuales los dos actores están en oposición (un actor es favorable al objetivo, el otro es desfavorable), con la siguiente formula:

**Ecuación 3**

$$\text{Si } ((1MAO)_{ik} \times (1MAO)_{jk}) < 0,$$

$$\text{Entonces } (1DAA)_{ij} = 1/2 \times (|(1MAO)_{ik}| + |(1MAO)_{jk}|)$$

$$\text{Si no } (1DAA)_{ij} = 0$$

**4.2.3.2.4. Enumerar, para cada actor las tácticas posibles (Juegos de alianzas y de conflictos posibles)**

Para este propósito se hace uso de una matriz de actores x objetivos, 2MAO en el software MACTOR, en ella los actores pueden evaluar que tan de acuerdo o desacuerdo están con cada uno de los objetivos, para cuantificar dicha valoración es desde -4 a 4, donde el signo negativo indica que está en desacuerdo y el positivo que está de acuerdo, de la siguiente manera:

- 0: El actor es indiferente respecto al objetivo
- 1: El objetivo pone en cuestión / es importante para efectuar procesos del actor
- 2: El objetivo pone en cuestión / es importante para efectuar proyectos de actor
- 3: El objetivo pone en cuestión / es importante para efectuar la misión del actor
- 4: El objetivo pone en cuestión / es importante para efectuar la existencia del actor

Para calcular las convergencias de segundo orden el software MACTOR hace uso de la ecuación 2 cambiando la matriz 1MAO por la 2MAO y generando así la matriz de convergencias valoradas 2CAA, la cual identifica para cada pareja de actores la intensidad media de convergencias cuando los dos actores tienen la misma valencia; la matriz de divergencias valoradas 2DAA se genera de igual forma pero tomando la ecuación 3, esta identifica para cada pareja de actores la intensidad media de divergencias cuando los dos actores tienen la misma posición.

**4.2.3.2.5. Evaluar las relaciones de fuerzas y formular para cada actor las recomendaciones estratégicas coherentes con sus prioridades, objetivos y sus medios.**

Para revisar las relaciones de fuerza se inicia de la matriz de influencias directas de actores por actores, MID lo cual también son datos de entrada del sistema MACTOR, para calificar esta matriz se usa la siguiente escala de valoración:

- (0), El actor i, no ejerce influencia sobre el actor j.

- (1), El actor i es una amenaza para los procesos operativos del actor j, la influencia es débil.
- (2), El actor i es una amenaza para los proyectos del actor j, su influencia es media.
- (3), El actor i es una amenaza a la misión del actor j, su influencia es fuerte.
- (4), El actor i amenaza para la existencia del actor j, su influencia es muy fuerte.

También se hace necesario el análisis de una matriz generada a partir de la MID llamada matriz de influencia directa e indirecta MIDI, el sistema determina las influencias indirectas de orden 2 de la siguiente manera:

#### **Ecuación 4**

$$(MIDI)_{ij} = (MID)_{ij} + \sum_k \text{Min} ((MID)_{ik}, (MID)_{kj})$$

En el segundo término de la ecuación,  $(MIDI)_{ij}$ , expresa la influencia directa que el actor i ejerce sobre el actor j y " $\sum_k \text{Min} ((MID)_{ik}, (MID)_{kj})$ " representa la suma de todas las influencias indirectas que el actor i ejerce sobre el actor j y que pasan por un actor de relevo k. Para este último valor, sólo se tienen en cuenta influencias indirectas de orden 2, es decir, influencias que transitan sólo por un actor relevo cada vez, las influencias que requieren de más actores de relevo no se tienen en cuenta.

Otro cálculo que puede resultar de la matriz MIDI es la balanza neta de influencias BN, esta mide para cada pareja de actores el diferencial de influencias directas e indirectas.

#### **Ecuación 5**

$$(BN)_{ij} = (MIDI)_{ij} - (MIDI)_{ji}$$

En efecto, cada actor ejerce (recibe) influencias directas e indirectas de orden 2 sobre (de) cada actor; la balanza neta de influencias indicará para cada pareja de actores la influencia demás ejercida o recibida. Cuando la balanza es positiva (signo +), el actor i (sobre las líneas de la matriz BN) ejerce más influencias directas e indirectas sobre el actor j (sobre las columnas de la matriz

BN) de las que recibe de este actor. Se dará la situación inversa cuando la balanza es negativa (signo -). Se calcula entonces para cada actor el diferencial total de influencias directas e indirectas sumando las balanzas netas de sus influencias sobre los demás actores.

Por otra parte, el software calcula el coeficiente de fuerza de cada actor teniendo en cuenta su influencia y su dependencia directas; cuanto más elevada es esta escala, más estará el actor en posición de fuerza.

Las relaciones de fuerza se calculan con la ayuda de  $I_i$  y  $D_i$  y de la Matriz de Influencias Directas e Indirectas (MIDI) $_{ij}$ :

### **Ecuación 6**

$$R_i = (I_i - (MIDI)_{ii}) / S \times (I_i / (I_i + D_i))$$

con  $S = \sum_i I_i = \sum_i D_i$

$R_i$  tiene en cuenta el margen de maniobra ( $I_i - (MIDI)_{ii}$ ) del actor  $i$  es decir, su influencia directa e indirecta neta ( $I_i$ ) menos su retroacción ( $(MIDI)_{ii}$ ). El margen de maniobra relativa ( $(I_i - (MIDI)_{ii}) / S$ ) del actor será entonces deflactada por el coeficiente  $I_i / (I_i + D_i)$  que varía de 0 a 1 y que permite integrar la dependencia de este actor. El indicador  $R_i$  está normalizado en 1, con la ecuación 7, un actor que tenga relación de fuerza normalizado superior a 1 tiene una relación superior a la media:

### **Ecuación 7**

$$R_i^* = n \times (R_i / \sum_k R_k)$$

con  $n =$  número de actores.

Al igual que con las convergencias y divergencias de orden 2 el software calcula las matrices de convergencia y divergencia valorada ponderada 3CAA y 3DAA con las ecuaciones 2 y 3 respectivamente, cambiando en esta ocasión a la matriz 1MAO por la 3MAO.

**4.2.3.2.6. Formular las hipótesis del porvenir, eventos o rupturas que caracterizaran las relaciones de fuerza entre actores**

#### **4.2.4 Líneas de tiempo**

Una línea de tiempo es una representación gráfica y organizada de periodos ya sean cortos medianos o largos, dónde se muestran eventos, datos, imágenes, lugares, entre otros. Dicha línea permite ver la dimensión cronológica o la magnitud del evento en dicho periodo.

La línea de tiempo ayuda a comprender la simultaneidad de hechos, la causa del cambio, continuidad, tendencia, ruptura, teniendo en cuenta las unidades de tiempo (Flores & Hazel, 2014) Según Taylor & Young (2003) podemos nombrar tres tipos de líneas de tiempo:

- Líneas de tiempo multidimensionales: dónde se comparan y se contrastan impactos de dos o más variables
- Líneas de tiempo a través de currículo: se integran múltiples variables de un tema en una sola línea
- Líneas de tiempo visuales: se emplea imágenes de los hechos.

#### **4.2.5 software Minitab**

Este programa fue desarrollado en 1972 por profesores de la universidad estatal de Pensilvania en Estados Unidos, es un software de computadora diseñado para realizar y presentar análisis estadísticos tanto básicos como avanzados debido a que presenta un paquete completo con una interfaz simple y fácil de usar, además posee atributos gráficos de gran importancia para entender el comportamiento de los datos, y la posibilidad de configurar y editar incluso después de ejecutado el grafico.

Rinaman, (2018) definió lo siguiente

Minitab es un paquete estadístico ampliamente utilizado, proporciona una amplia variedad de procedimientos para el análisis de datos. Las funciones de análisis de datos incluyen análisis de datos exploratorios, estadísticas básicas, análisis de regresión, análisis de varianza, análisis multivariante, estadísticas no paramétricas, análisis de series temporales, simulaciones, gráficos profesionales y control y mejora de la calidad. Además, Minitab permite al usuario ingresar, editar y manipular datos y programar comandos para llevar a cabo procedimientos que no forman parte de Minitab.

## **5. Diagnóstico Inicial**

### **5.1. Diagnostico situacional**

Para realizar este diagnóstico se ha optado como metodología investigativa la realización de entrevistas semiestructuradas a los integrantes del grupo, tanto directora como demás profesionales, para esto cada profesional designo un espacio para llevar a cabo un encuentro por plataformas virtuales donde se les abordó con preguntas previamente establecidas y dirigidas en pro a conocer el estado actual del grupo (ver apéndice D y E), a continuación se presentara una breve descripción del grupo, una estructura organizacional y un análisis FODA como resultado de la ejecución de esta metodología

#### ***5.1.1. Descripción del grupo***

Mediante la realización de entrevistas a profesores planta (ver apéndice A) se encontró que el Grupo de Investigación en Sistemas de Energía Eléctrica (GISEL) es actualmente el único grupo propio del programa de ingeniería eléctrica dentro de la Escuela de ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (E3T) ya que los demás grupos de la escuela pertenecen a ingeniería electrónica y de telecomunicaciones, cuentan con una clasificación A1 dada por

Minciencias siendo esta la máxima posible. Es el grupo con mayor número de investigadores dentro de la escuela al contar con un total de 14 profesores planta gestionando temáticas para investigación.

Desde su creación en febrero de 1996 se ha caracterizado por contar con una mentalidad colaborativa en la que a pesar de que cada investigador tiene independencia investigativa las decisiones con respecto a la dirección del grupo se toman en conjunto, razón por la que se pacta un día a la semana para que todos los integrantes del grupo se reúnan y discutan los temas de interés.

La filosofía del grupo se basa no solo en generar la mayor cantidad de trabajos de investigación sino también revisar tendencias globales que estén acorde a las necesidades del sector eléctrico y su aplicación a nivel regional y nacional, motivo por el que el grupo participa y también es organizador de eventos y seminarios en donde presentan sus trabajos generando un impacto positivo en el sector y dando visibilidad al grupo, debido a esto se presentan oportunidades de extensión y consultoría siendo esto la mayor fuente de financiación, una gran parte de los ingresos van directamente a la escuela y otra parte se destina a fortalecer el grupo acondicionando espacios físicos y dotándolos de equipos técnicos.

Durante su trayectoria el grupo ha generado vínculos con empresas como Ecopetrol, Empresa de energía de Boyacá, Codensa, grupo Isa, grupo epm, Icontec, superintendencia de servicios públicos domiciliarios y la cámara de comercio, incluso llegando a tener oportunidades como con la ESSA y la E3T de poder patentar productos tecnológicos, así mismo se han realizado colaboraciones de la academia con instituciones nacionales como la Universidad Nacional de Colombia, la UAN, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, la USTA e internacionales como la UPC, la UC3M, la UFC la Universidad de Chile y la Universidad de Delaware entre otras.

En el periodo 2016 – 2021 el grupo participó en 24 eventos internacionales y 12 eventos nacionales, igualmente logro la publicación de 58 artículos, 6 capítulos de libro, y como producto de sus investigaciones se pudieron generar las siguientes patentes:

- Sistema inteligente para mejorar la eficiencia de paneles fotovoltaicos integrados con techos verdes.
- Bomba sumergible de impulsión magnética de flujo axial con impulsor compacto bridado.
- Dispositivo para alojar y resguardar elementos que requieren protección del ambiente exterior.

El grupo hace parte junto a varias instituciones del proyecto insignia financiado por el gobierno suizo y que se ejecuta en Guatiguara, este es un espacio en el que se promueve la creación de alternativas de energía renovable aplicadas a la construcción de viviendas sostenibles.

Actualmente se encuentra ejecutando los siguientes proyectos de financiación.

**Tabla 2**

*Proyectos en ejecución (1/2)*

<b>Proyecto</b>	<b>Ejecución</b>
Mejoramiento de la resiliencia de redes eléctricas conectadas a la red y aisladas a partir de la integración de aplicaciones energéticas y almacenamiento de energía.	2019-2022
Nanofertilizantes en la producción intensiva de forrajes bajo invernadero.	2019-2021
Diseño de estrategias alternativas de operación y control para sistemas fotovoltaicos multifuncionales en redes de distribución con alta penetración de energías renovables.	2020-2023

*Nota: Realizada durante el primer semestre de 2022.*

**Tabla 3***Proyectos en ejecución (2/2)*

<b>Proyecto</b>	<b>Ejecución</b>
Diseño y evaluación de convertidores electrónicos de potencia y sus estrategias de control para la integración de generadores fotovoltaicos, sistemas a base de hidrógeno y la red de distribución de energía eléctrica.	2020-2023
Aprovechamiento de suelos en desuso en rellenos sanitarios clausurados para la generación de energía a partir de sistemas fotovoltaicos.	2020-2022
Nanofertilizantes en el suelo y emisiones de óxido nitroso.	2021-2023

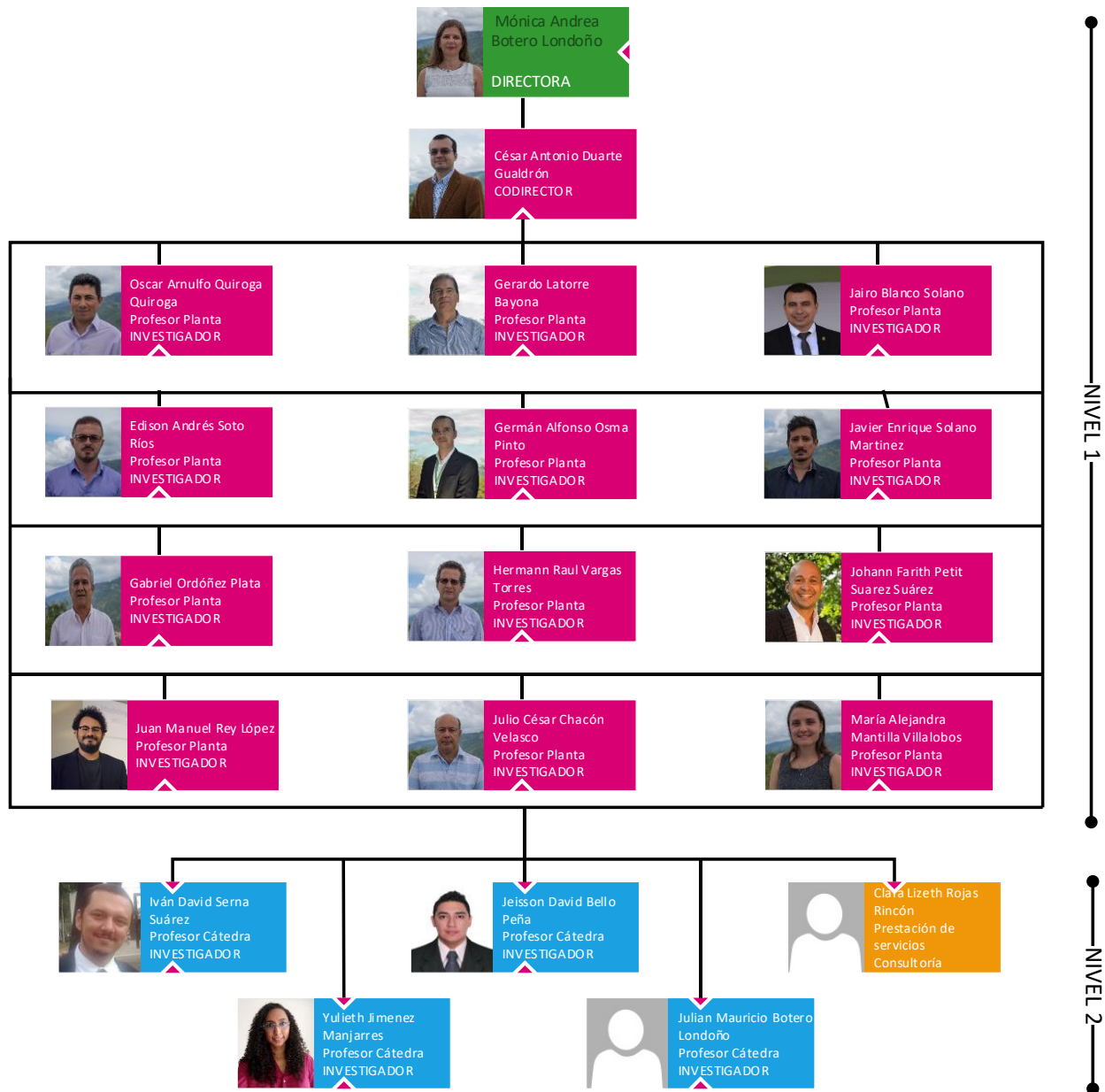
*Nota: Realizada durante el primer semestre de 2022.*

### **5.1.2. Estructura organizacional**

El diagnóstico realizado arroja que el grupo de investigación no cuenta con un organigrama definido, sin embargo, derivado de las entrevistas realizadas, el equipo de trabajo creó una representación de la estructura actual (ver figura 3), se tiene como directora a la Ingeniera electricista Mónica Andrea Botero Londoño, ella junto al codirector César Antonio Duarte son quienes lideran a los profesores planta, catedra y consultores que pertenecen al grupo, a su vez, los profesores planta y catedra con sus proyectos de investigación dirigen estudiantes de pregrado y posgrado de forma independiente, la cantidad de proyectos depende de la capacidad que tiene cada profesional, esta capacidad se ve limitada por la falta de profesionales administrativos, ya que estas tareas son abordadas por los mismos investigadores.

**Figura 3**

*Estructura organizacional*



*Nota: Realizada durante el primer semestre de 2022.*

### 5.1.3 Análisis FODA

“La metodología del análisis FODA es una parte del sistema de planeamiento estratégico, y también parte del denominado análisis de temas estratégicos” (Lazzari & Maesschalck, 2002, p.73), los conceptos fortalezas y debilidades hacen referencia a factores actuales internos que son controlables y por ende se pueden dirigir a futuros más deseables y competitivos por otro lado los términos de oportunidades y amenazas representan factores externos no controlables, pero sirven de insumo para diseñar estrategias internas de mejora. Con base a las preguntas planteadas en el apéndice A se construye el análisis FODA expuesto en la tabla 4.

**Tabla 4**

*FODA (1/2)*

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta formación académica de sus integrantes en temas actuales de desarrollo energético.</li> <li>• Alto grado de responsabilidad en el cumplimiento de las actividades planteadas por el grupo</li> <li>• Trabajo en equipo y disposición a trabajar en temas de alto impacto.</li> <li>• Alta trayectoria académica en temas relacionados con la investigación.</li> <li>• Laboratorios y equipos técnicos para la formación e investigación en algunas líneas de interés del grupo.</li> <li>• Buena sinergia con pares a nivel nacional de temas de desarrollo energético.</li> <li>• Alto índice de interés de los estudiantes por vincularse al grupo.</li> <li>• Fuertes vínculos interpersonales entre los investigadores</li> <li>• La realización de proyectos de investigación y extensión con otras instituciones tanto académicas como de los sectores gubernamentales, servicio, construcción e industriales.</li> <li>• Publicaciones en revistas de alto impacto y ponencias en conferencias internacionales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar smart grid- microrredes que son tecnologías actuales y apoyar las investigaciones desde este enfoque.</li> <li>• Disponer de nuevas instalaciones físicas que podrán estar dotadas con equipos técnicos para el avance tecnológico.</li> <li>• Desarrollar y patentar soluciones basadas en temas de las líneas de investigación para mitigar el impacto de las perturbaciones de la calidad de la energía eléctrica.</li> <li>• Formular software de modelado y simulación para análisis de sistemas eléctricos.</li> <li>• Consolidar más alianzas con la academia y las industrias a nivel nacional e internacional para el estudio de sistemas eléctrico</li> <li>• Expandir la capacidad de adopción de proyectos por parte de los profesionales.</li> <li>• Fortalecimiento de todos los temas relacionados con la transición energética.</li> <li>• Desarrollar sistemas de medición para el seguimiento energético en los sectores industrial, comercial y residencial.</li> </ul>

*Nota: Realizada durante el primer semestre de 2022.*

**Tabla 5***FODA (2/2)*

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta delegación de funciones en la estructura organizacional.</li> <li>• Ausencia de página web actualizada donde se ofrezca todo el portafolio de servicios.</li> <li>• Falta de gestión de presupuesto para la mejora de instalaciones y poder realizar eventos y actividades.</li> <li>• Falta promoción de las investigaciones, hallazgos y artículos desarrollados en el grupo.</li> <li>• Baja ejecución de proyectos donde se materialice los resultados de las distintas investigaciones realizadas en el grupo</li> <li>• Falta de talento humano para las labores relacionadas con el área administrativa (profesionales y auxiliares permanentes).</li> <li>• Falta de financiación para becas de maestría y doctorado.</li> <li>• Falta un plan de comunicaciones para mejorar la visibilidad del grupo.</li> <li>• Falta de planificación estratégica para definir los tópicos en los cuales se desea liderar la investigación y el desarrollo de soluciones.</li> <li>• Alejarse de la filosofía del grupo debido a la gran cantidad de temáticas que se están presentando.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de gestión en la identificación de fuentes de financiación externa.</li> <li>• Perdida del interés de las empresas por solicitar consultorías y demás extensiones.</li> <li>• Entrada de competidores con mayor capacidad y tiempo de respuesta hacia las necesidades de la industria.</li> <li>• Vulnerabilidad ante cambios en las necesidades energéticas de la región.</li> <li>• Posible aumento de la brecha entre los avances tecnológicos energéticos a nivel mundial y lo que el grupo investiga.</li> <li>• Pérdida de ingresos por el no patentamiento de productos tecnológicos esenciales para los cambios a nivel global.</li> <li>• El cambio en políticas de reglamentación de sistemas de energía eléctrica.</li> <li>• Falta de políticas locales y regionales que promuevan la investigación y el desarrollo en las temáticas de las líneas de investigación del grupo.</li> </ul>

---

*Nota: Realizada durante el primer semestre de 2022.*

## **5.2. Análisis Bibliométrico**

Para el análisis bibliométrico de la investigación inicialmente se piensa la utilización de dos bases de datos: Scopus y Web of Science, sin embargo, debido a que la naturaleza de la temática es ampliamente abordada, se encuentran demasiados artículos, revistas y libros, entre otros; por lo cual, se opta por elegir principalmente la base de datos de Scopus ya que de las dos opciones iniciales es la que presenta un mayor volumen de información, adicionalmente se apoya

la búsqueda con la base de Google Scholar para aquellas publicaciones que no son de acceso abierto en primera instancia.

Una vez definida la base de datos, se procede con la estructuración de la ecuación de búsqueda adecuada, que permita tener acceso a los documentos más relevantes para la investigación, para esto se definen algunas palabras con un alto grado de relación, tales como generation, transmisión, distribution, electricity, energy, power y systems, enfocando la búsqueda igualmente hacia temáticas futuras y de actualidad con las palabras trends, future, prospective y forecasts, por lo cual, la ecuación de búsqueda inicial queda de la siguiente manera:

```
( TITLE-ABS-KEY ( generation OR transmission OR distribution ) AND TITLE-ABS-KEY ( trends OR future OR prospective OR forecasts ) AND TITLE-ABS-KEY ( electricity OR energy OR ( energ* AND system* ) OR power ) )
```

En esta búsqueda inicial se encuentran 138,373 documentos relacionados, de los cuales, una gran parte no tienen mucha relevancia con la investigación, por ello, se decide hacer una serie de ajustes en la ecuación, para esto se da un enfoque principal al sector energético, se limita a documentos publicados en los últimos seis años, y se descartan aquellas palabras que caen en lo ambiguo, especificando más claramente las palabras que deben de estar incluidas dentro del título de los documentos, quedando así la siguiente ecuación:

```
( TITLE ( "energy prospective" OR "energy foresight" OR "Energy trends" OR "Energetic trends" OR "ENERGY FUTURE" OR "POWERFUL FUTURE" ) ) AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ENER" ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2022 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2021 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2020 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2019 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2018 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2017 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2016 ) )
```

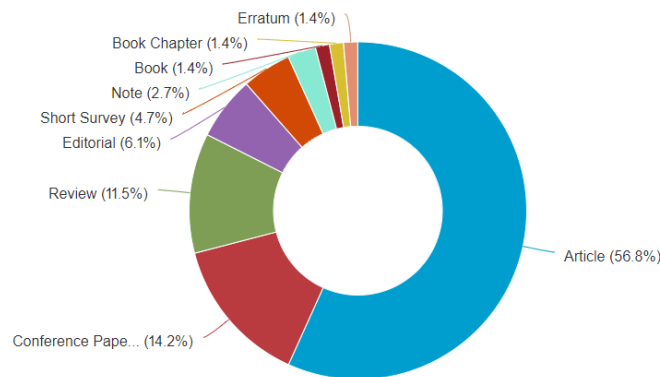
En esta última se reduce la cantidad de documentos a 148 los cuales tienen una mayor relación con la temática abordada.

### 5.1.1. Análisis Scopus

Utilizando la herramienta de análisis para búsquedas con la que cuenta Scopus se puede extraer información de la conformación de los documentos obtenidos por la búsqueda, en la figura 4 se puede observar el tipo de documentos encontrados, en donde se evidencia que la mayor parte en un 56,8% corresponde a artículos, seguido por documentos de conferencias con un 14,2% y revistas con un 11,5%

#### Figura 4

##### *Tipos de documentos*

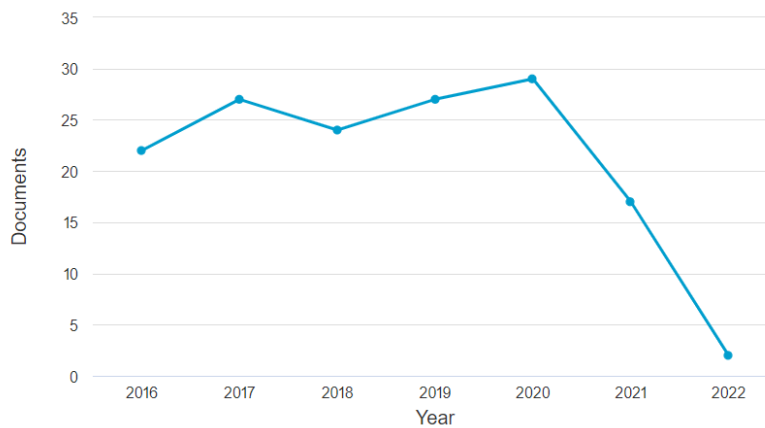


*Nota. El grafico representa la conformación de los documentos encontrados con la ecuación de búsqueda, como porcentaje de los distintos tipos de publicación. Tomado de Scopus*

Igualmente, con la figura 5 se puede conocer el interés que ha tenido la temática de estudio para la sociedad en los últimos años, esto gracias a que se muestra la cantidad de documentos relacionados que se han publicado en este periodo de tiempo, con lo cual se concluye que ha sido de gran interés ya que se mantuvo en un crecimiento casi progresivo hasta el 2020, por otro lado, en el caso del 2021 se nota una caída en la producción de estos documentos y para el 2022 aunque apenas está iniciando, ya se presenta un aporte a la búsqueda, lo cual, de seguir así, representaría un crecimiento con respecto al año anterior en cuanto a producción científica.

**Figura 5**

*Cantidad de documentos por año*

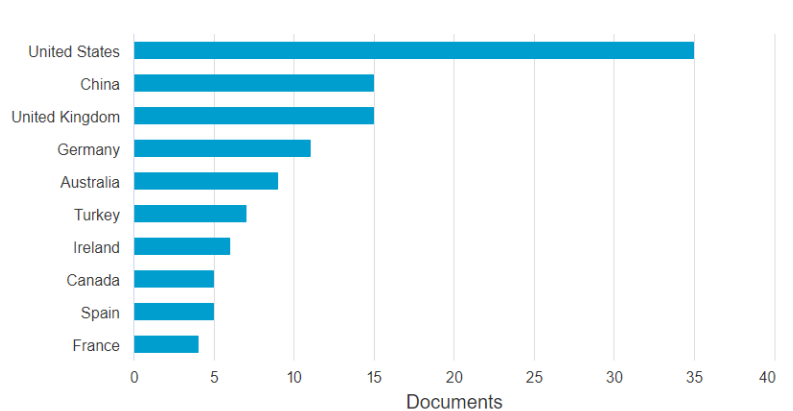


*Nota. Tomado de Scopus*

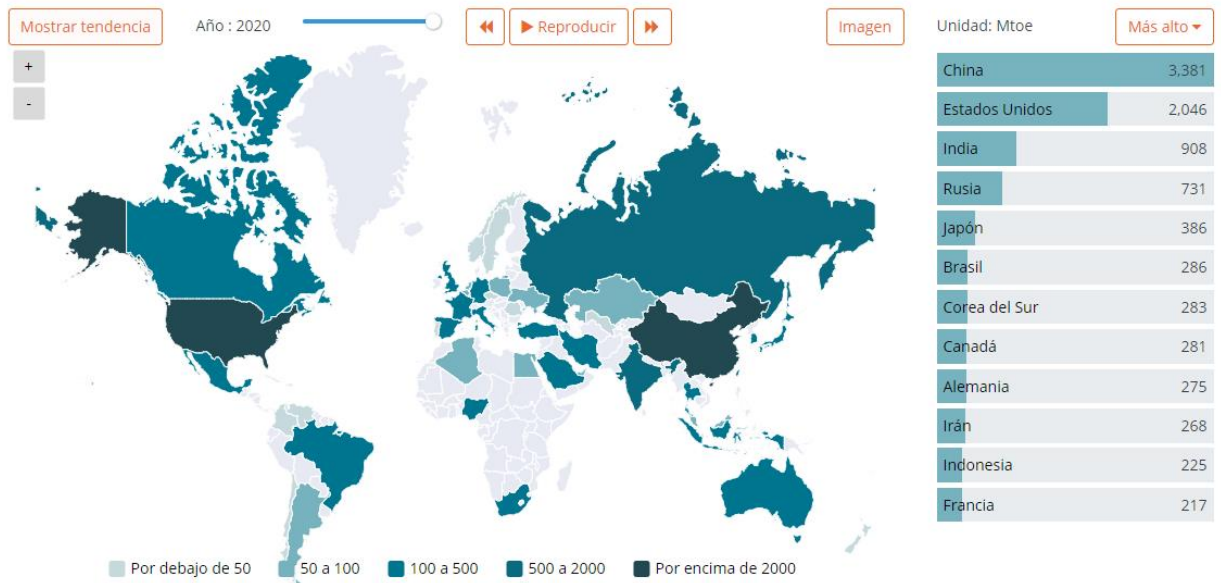
Por último, en la figura 6 se pueden ver los países que más esfuerzos enfocan en la creación de documentos relacionados con la temática energética, resaltando así Estados Unidos y China en los primeros lugares, esto es muy coherente ya que estos dos países junto a la India conforman el top tres de los principales consumidores energéticos del mundo como se puede observar en la figura 7.

**Figura 6**

*Cantidad de publicaciones por país*



*Nota. Tomado de Scopus*

**Figura 7***Consumo energético por país*

*Nota. El grafico muestra el consumo energético expresado en megatoneladas equivalentes (Mtoe).*

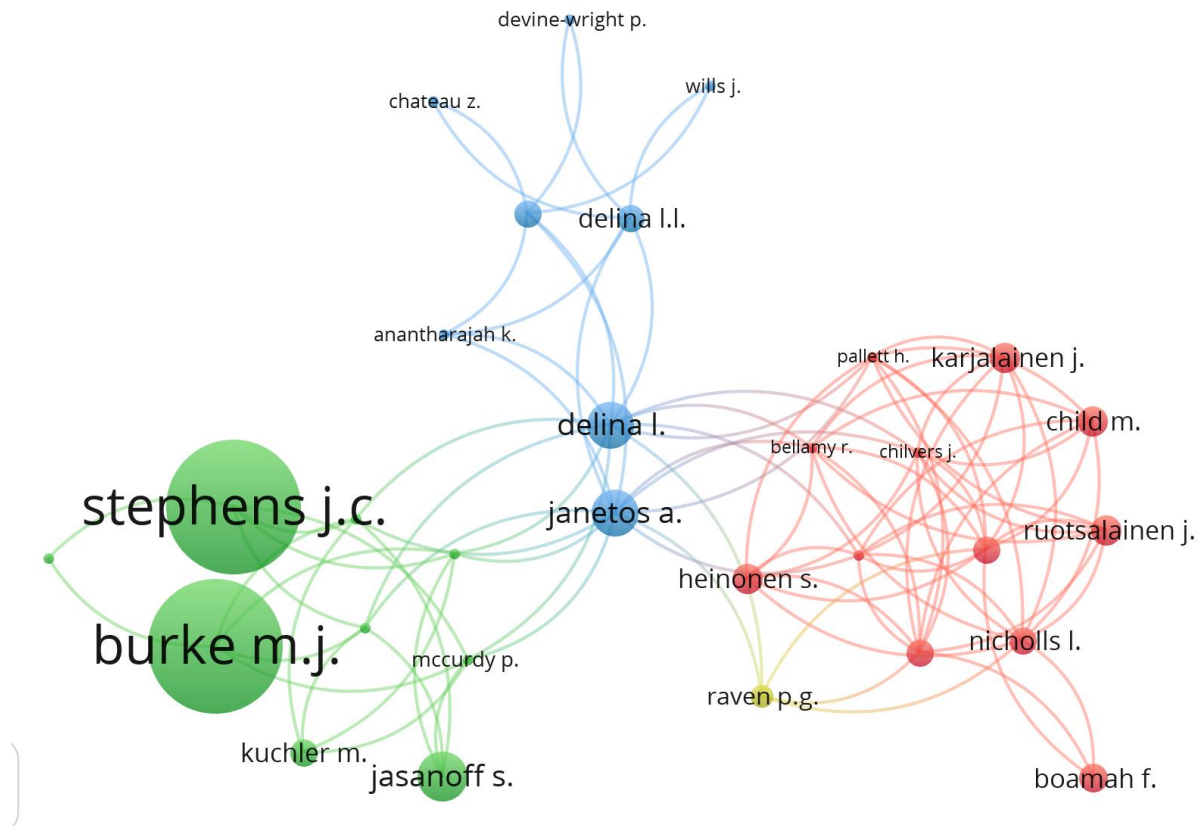
*Tomado de (Enerdata, 2020)*

Continuando con la exploración de la actividad científica encontrada por la ecuación de búsqueda, se presenta a continuación un análisis con ayuda del software VOSviewer.

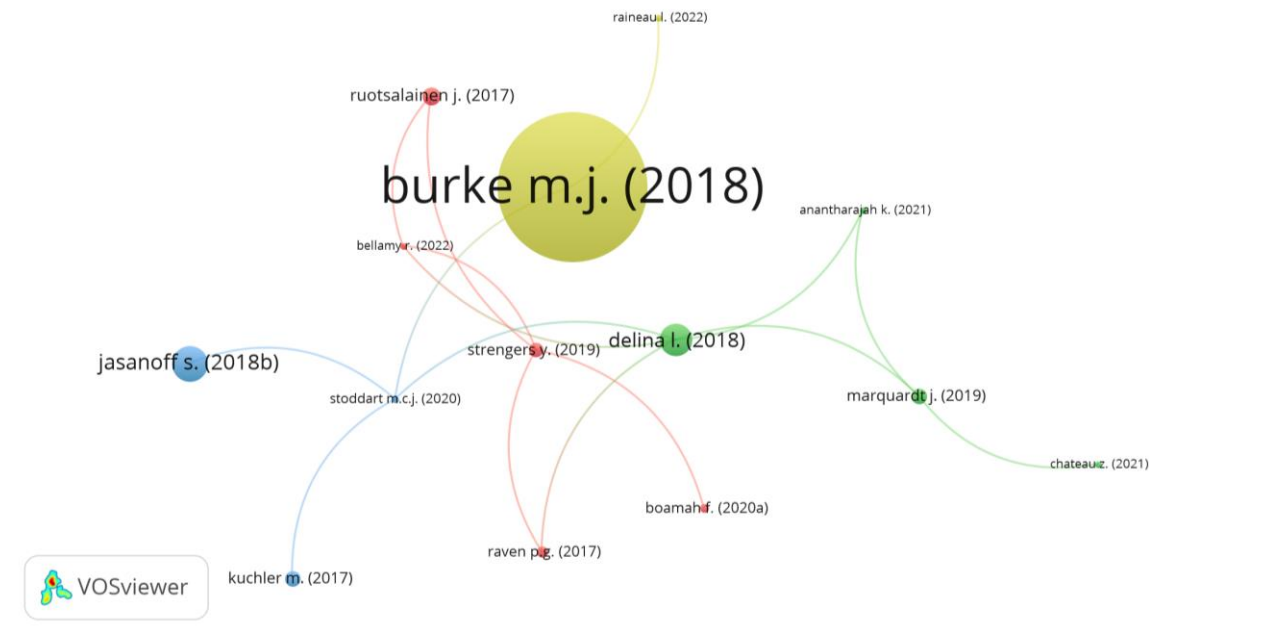
### **5.1.2. Análisis VOSviewer**

Se da inicio a la segunda parte con un análisis de coocurrencia de las keywords, que como se observa en el mapa de calor de la figura 8, resaltan temáticas como energía renovable, política energética, futuro energético, combustibles fósiles, entre otras.



**Figura 9***Mapa de citación de autores*

De la figura 9 se concluye que los autores Burke M.J, Stephens J.C. y Jasanoff S. son los que mayor influencia han tenido sobre los demás autores, ya que son altamente citados, y al mismo tiempo, se encuentran relacionados por el mismo color lo que quiere decir que estos autores publican en conjunto, de forma similar sucede con Delina L. y Janetos A. quienes además han contribuido en la unión de los distintos grupos de autores que se han formado en el gráfico.

**Figura 10***Mapa de citación de documentos*

Por último, en la figura 10 se encuentra que los artículos de Burke M.J (2018), Jasanoff S. (2018b) y Delina L. (2018) han sido los que mayor impacto han generado en la temática abordada, por consiguiente, serán de gran importancia para la investigación.

## 6. Análisis Internacional

A nivel cultural, la humanidad siempre ha dependido de las fuentes de energía: desde la más antigua que se hallaba en la fuerza del hombre hasta la moderna que consiste en la explotación de combustibles fósiles como el petróleo carbón y gas (Ruotsalainen et al., 2017).

Varios autores han descrito las consecuencias que trae para el medio ambiente la generación de electricidad entre ellos Araujo, López, & Tapia (2019) y Boamah (2020), quienes mencionan que el cambio climático es uno de los problemas medioambientales más importantes, y que las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) aumentan a medida que lo hace la población, la industria y por ende el consumo. Según Norhan & John E. (2019) el 50% del petróleo

crudo probado y un tercio de las reservas mundiales de gas se encuentra en medio oriente, por lo tanto, el 76% de las emisiones en la región son relacionadas con la energía (p.1). También menciona que, a pesar de tan alto consumo energético en el mundo y los altos perjuicios ambientales a causa de la generación de energía, el banco mundial proyecta que el 8% de la población mundial aun carecerá del acceso a la electricidad para el año 2030, de los cuales el 90% se ubicará en la zona de África subsahariana.

El departamento de asuntos económicos y sociales de EE. UU menciona que la población mundial está en un constante crecimiento y se espera, según Kumar et al. (2016), que alcance los 9.6 mil millones para el año 2050, con ello también aumenta el consumo y la composición productiva energética incluyendo la demanda; los mismos autores también prevén que el consumo de energía tenga un crecimiento de 56% entre el 2010 y 2040 (p.210), esto trae consigo una serie de escenarios complejos relacionados con la biodiversidad y el funcionamiento del planeta en cuanto a la generación de energía. Sobolieva y Harashchenko, (2020) mencionan que los principales proveedores y consumidores de energía serán los países asiáticos, encabezados por China e India.

De acuerdo con Kumar et al. (2016) el uso extensivo de estos combustibles fósiles en la generación de energía ha aumentado considerablemente las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases tóxicos que contribuyen al calentamiento global, además se espera que las emisiones puedan aumentar de 31000 millones de toneladas métricas en 2010 a 45000 millones de toneladas métricas en 2040, Esto acelerará el derretimiento de hielo en los polos elevando el nivel del agua y la acidez del mar poniendo en peligro la vida.

Recogiendo las ideas de Ruotsalainen et al. (2017) y Kumar et al. (2016) se evidencian indicios de que en los últimos años se ha despertado el interés por la búsqueda de vías alternativas

que puedan garantizar un suministro de electricidad eficiente, confiable y prudentes con el cuidado del medio ambiente, que pueda mitigar y controlar los graves problemas medioambientales salvando las reservas de recursos fósiles; muchos países están en desarrollo de tecnologías y evaluó de políticas de estado para motivar la utilización de energías más limpias y renovables, incluidas la eólica, solar, geotérmica y la biomasa. De este modo, China, Estados Unidos, Europa, la Republica de Corea e India se han convertido en los principales impulsores financieros de este cambio energetico (Sobolieva, et al., 2020). En este sentido, la descarbonización, descentralización, democratización y la digitalización se han denominado como las principales estrategias para eludir el aumento de las emisiones de GEI (Ball, 2021), de ahí que, países como China hayan adoptado políticas de prohibición del carbon en algunas ciudades (Khan, Khan, & Chang, 2020)

Un punto importante a tener en cuenta en esta transición y un referente dominante en el sector, es la premisa de que la energía debe ser barata y abundante, es por esto que países como Estados Unidos que cuentan con recursos petroleros significativos y un costo energético bajo, llevan más lenta la transición en contraste con Europa en donde las reservas petroleras no son tan grandes y los precios de la electricidad son más altos, por consiguiente, necesitan llegar rápido a la autosuficiencia y manejan una mayor conciencia energética (Ball, 2021).

Hasta el momento las políticas adoptadas por los países han favorecido el desarrollo de tecnologías renovables como la eólica y solar fotovoltaica, dejando un poco de lado otras como la geotermia (Ball, 2021; Khan, et al., 2020; Sobolieva, et al., 2020; Delina & Janetos, 2018), más del 90 % de las inversiones en investigación y desarrollo (I+D) se realizan en energía solar y eólica (Sobolieva, et al., 2020), esto ha propiciado un descenso significativo en los costos de tecnologías y equipos llegando a más del 80% para la energía solar fotovoltaica, y más 50% para la energía

eólica (Khan, et al., 2020; Sobolieva, et al., 2020); y es que las políticas nacionales de energías renovables, incluido el apoyo estatal a la I+D, la innovación, la financiación y la regulación, se consideran factores importantes en el crecimiento de las energías renovables, y dan como resultado un aumento en la actividad de patentes, como se ha notado en los últimos años con la creciente dinámica de patentamiento de tecnologías de energía solar y eólica, siendo la solar la más patentada con un aumento del 700% en el periodo 2012-2019, en consecuencia, aunque las patentes proporcionan un ímpetu económico para la innovación, también crean barreras para las mejoras sobre tecnologías previamente registradas. (Sobolieva et al., 2020).

India el segundo país más poblado del mundo y uno de los mayores productores y consumidores de energía, tiene una producción que se basa en gran medida a la explotación del carbón, según la Agencia Internacional de la Energía (AIE), este país produjo 797 millones de toneladas en 2021, y 75% de la electricidad producida depende de esta fuente, en varias ocasiones se ha planteado dentro de sus políticas defender la extracción de carbón debido a que es la base fundamental de su economía, si bien es cierto el peso que eso significa en este país, se están abordando proyectos ambiciosos para el futuro energético sostenible ya que el gobierno debe aumentar la capacidad eléctrica debido a su crecimiento económico, por esto se está impulsando cualquier opción tecnológica que haga parte de la transición energética a fuentes limpias, por ejemplo, el Plan Nacional de Electricidad de la CEA estima que la energía renovable se cuadruplicará para 2027 y el Proyecto de Política Energética Nacional (DNEP) de NITI Aayog proyecta un aumento de más de 10 veces para 2040. Debido a que posiblemente exista una reducción de costos asociados a la generación y el acceso de energía renovable, se plantean grandes objetivos de capacidad ya que se cuenta con recursos para ejecutar la energía eólica y solar (Mohan & Kilian , 2018), Actualmente en este país se encuentran algunas de las plantas solares de

generación de electricidad más grandes del mundo por ejemplo el parque solar Bhadla ubicado en la región de Rajasthan y que cuenta con una capacidad instalada de 2.245 MW que lo posiciona como el más potente del mundo y proporciona al estado un 10% de la energía consumida en 2017, este proyecto está en una zona estratégica del desierto de Thar donde se aprovecha el terreno para ubicación de millares de paneles solares y es más eficiente para captar la radiación solar (Hurtado Avella et al., 2021)

La transición energética es intrínsecamente política, autores como Burke y Stephens (2018) señalan el control aparentemente integral de la vida política moderna por parte de la industria de los combustibles fósiles y sus aliados, y es que la actual reacción y resistencia al nuevo futuro por parte de quienes se benefician del viejo orden, ha demostrado desempeñar un papel importante en las prioridades energéticas de la sociedad, así como en los debates sobre el papel del estado, los mercados y las inversiones para la democracia energética, ya que, a pesar de los enormes beneficios sociales y ambientales de las energías renovables en comparación con los combustibles fósiles, los sistemas de energía renovable reducen la centralización, aumentando la competitividad del mercado, lo que altera los sistemas tradicionales de monopolio y oligopolio y abre espacio para nuevos grupos y alianzas.

En otras palabras, “el poder concentrado retrasa las transiciones de energía renovable hasta que se puedan implementar mecanismos para sostener las relaciones de poder existentes” (Burke & Stephens, 2018, pág. 11). Luego entonces, la estrategia que se sigue es la de la descarbonización de los actores actuales en lugar de la transformación del sistema, lo que empodera a las corporaciones en lugar de a las comunidades (Weinrub & Giancattarino, 2015).

El propósito de impulsar el desarrollo de recursos energéticos en el gobierno del expresidente de EE.UU Donald Trump apoyando actividades carboníferas y reduciendo aranceles,

termino derogando el llamado plan de energía limpia del expresidente Barack Obama que constaba de reducir en un 30% la emisión de carbono generado por centrales electricas al año 2030 (France 24, 2017)

Este es un claro indicio de como las naciones incluso las más desarrolladas pueden influir para anular o avalar normas incluso internacionales, esto se dió porque los intereses del petróleo y gas eran más ambiciosos en los proyectos del actual presidente y por eso se ganaron el control de la política ambiental, lo que generó cambios drásticos en la transición energética y limitó el desarrollo de variables como aumento tecnológico en cuanto a energías limpias, la investigación, sin tener en cuenta el costo social que esto generó (Jasanoff, 2017)

En el panorama energético global a pesar de las causas desalentadoras se están presentando esfuerzos representativos en diferentes ámbitos, los países que buscan sistemas energéticos sostenibles están enfocados en la energía renovable, como principal factor que contribuye con esta transición se encuentran, la reducción de costos y las nuevas tecnologías, como redes y medidores inteligentes que han contribuido en mejorar la planificación energética. El grupo banco mundial (GBM) presenta un respaldo importante, en los últimos 5 años ha aportado USD 6200 millones para cubrir la necesidad de acceso a la energía sea que tengan algún acceso a la red o no, invirtiendo en proyectos de electrificación en zonas rurales y urbanas, innovaciones tecnológicas, así como en financieras y normativas que puedan ayudar a acelerar la expansión de servicios eléctricos confiables (Banco Mundial, 2020).

Para Burke y Stephens (2018), la denominada democracia energética rechaza la visión de la transición energética como una mera alternativa tecnológica, y le adjudica una reorganización de las relaciones sociales y políticas, pues los sistemas energéticos democráticos no tienen como objetivo la promoción de la acumulación de capital y el crecimiento económico, sino satisfacer las

necesidades humanas y construir una economía ecológicamente sostenible. Estos autores dicen que los modelos renovables centralizados buscan reducir las oportunidades de producción compartida, y para esto crean grandes proyectos en zonas alejadas a los usuarios y conectadas a ellos por superredes, como por ejemplo las tecnologías eólicas o solares a gran escala, lo cual es muy costoso y por ende pocas personas pueden participar, por el contrario, los modelos renovables descentralizados permiten la generación a pequeña escala, mejor distribuida geográficamente y más cercana a los usuarios, lo que se conoce como generación distribuida, por ejemplo la solar fotovoltaica, que permite una participación más activa de las comunidades.

Por lo tanto, las tecnologías solar y eólica ofrecen cierta flexibilidad, y aunque no requieren, si pueden contribuir a una sociedad más democrática.

Sin embargo, una problemática clara es la necesidad de democratizar igualmente los sitios de extracción de insumos para las tecnologías renovables, pues es abiertamente conocida la necesidad de ciertos materiales como por ejemplo la plata en la energía fotovoltaica o el acero para las grandes estructuras. Estos denominados “minerales de tierras raras”, aunque no necesariamente son raros, tienden a estar en áreas concentradas, como el cobre, cobalto, níquel y litio, provenientes de Rusia y China, además, su extracción requiere de inversiones de capital significativas, por ende, son pocas las empresas que procesan y venden estos materiales, sin mencionar que sus prácticas generan riesgos para el medio ambiente y los trabajadores. En este sentido, para Burke y Stephens, la democratización de las energías presenta grandes oportunidades, ya que el uso de más insumos junto con la búsqueda de sustitutos y el reciclaje de recursos permite que el número de fuentes de materiales sea más flexible.

Otro factor significativo es el entorno social, según Laird (2013) los cambios que presenta una sociedad pueden distar demasiado de los cambios que presente otra aunque inicialmente las

dos compartan bases similares, por lo tanto, el rumbo que tome una sociedad con los cambios tecnológicos que se le incorporen es muy difícil de predecir.

En cuanto a la mitigación del cambio climático, autores como Sovacool (2017) señalan que acciones como el cambio de prácticas para el uso de la tierra, la reducción de inversiones y subsidios a combustibles fósiles, así como la reducción del consumo traen beneficios en el corto plazo que son mejores incluso que el afán por el uso de las energías renovables.

“En otras palabras, aunque la emergencia climática actual requiere una respuesta rápida para descarbonizar las sociedades, esta respuesta no necesariamente requiere una expansión simultánea y rápida de los sistemas de energía renovable” (Burke & Stephens, 2018, pág. 12), sino más bien una adopción de estos a un ritmo sostenible y respaldado por la gobernabilidad democrática.

Por otra parte, autores como Gunter Pauli (2014), advierte que la economía denominada como “verde” no es viable, o por lo menos no lo ha demostrado hasta ahora, y se ha vuelto solo un símbolo de buena voluntad, este autor propone una nueva dirección que si aborde la sostenibilidad, y la denomina “economía azul”, en ella, se ve la crisis actual como un motor para diseñar nuevas soluciones, tomando como inspiración los sistemas eficientes que se ven en la naturaleza y sus ecosistemas. En este nuevo modelo se critica el consumismo y la quema generalizada de aquello con lo que no se sabe qué hacer, es por esto por lo que se presenta la idea de ver y generar valor a partir de todo incluso lo mal llamado “basura”, ya que en la naturaleza este concepto no existe y todo lo que un sistema desecha otro lo utiliza. La economía azul plantea una invitación a la innovación y evolución, en donde se priorice la flexibilidad como respuesta a un mundo que avanza con un constante cambio. En materia de energía eléctrica, se tiene presente la insensibilidad del sistema actual por adoptar medidas que no sean provenientes de los ricos y

poderosos, pero se convoca a ir más allá de las opciones provisionales e intermedias existentes como la energía nuclear, fotovoltaica, eólica o el hidrógeno, y adoptar aquellas que se presentan en los ecosistemas con la ayuda de las leyes de la física.

## **7. Análisis nacional**

La matriz de generación eléctrica colombiana es una de las más limpias del mundo debido a que el país se posiciona como uno de los que posee mayor riqueza hídrica a nivel global y gran porcentaje de la energía eléctrica producida depende de recursos renovables como lo es el agua. A principios del año 2022 se llevó a cabo el 11 Colombia Genera 2022, en Cartagena de Indias, un encuentro de los integrantes de la ANDI (Asociación Nacional de Industriales), en este, el presidente Iván Duque Márquez mencionó que Colombia tiene la novena matriz energética más limpia del mundo, y agregó que por cada dólar del PIB que se produce en Colombia se emiten 107 gramos de CO<sub>2</sub>, es una cuarta parte en comparación con países como China, complementó diciendo que si bien es una cifra muy alentadora era importante seguir contribuyendo en la reducción de unos fósiles (Rumbominero, 2022)

En un informe presentado por la autoridad minera en el periodo 2020 - 2022, se mencionó que en la primera etapa de la emergencia sanitaria del COVID 19, Colombia dejó de producir 1,5 millones de barriles de crudo, 2.762 millones de metros cúbicos de gas natural y 150.000 toneladas de carbón y la exportación de 200.000 toneladas (Pardo, 2022).

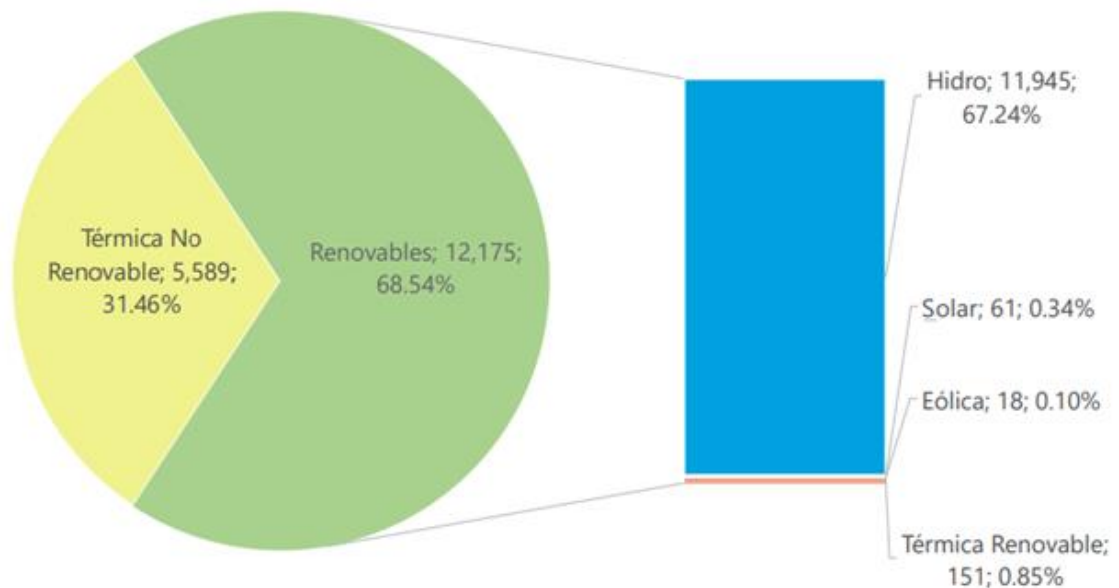
Por otro lado al promover el uso de fuentes renovables, no solo fortalecerá y protegerá el área ambiental, si no que será más eficiente la prestación de los servicios, además se presenta una reducción en las tarifas en los servicios de luz, agua y gas, también generara empleos directos e indirectos, según la gerente general de XM, operador del Sistema Interconectado Nacional (SIN), María Nohemi Arboleda, citada por (Valora Analitik, 2022) menciona que, en la transición

energética los esfuerzos están sin duda enfocados en descarbonizar el sistema eléctrico, además de permitir un acceso universal este suministro de energía debe ser estable, sostenible, amigable con el ambiente. Esto sin duda alguna necesita una transformación tecnológica que sirva como estrategia para enfrentarse a eventos ambientales de alto impacto y para ser competitivo.

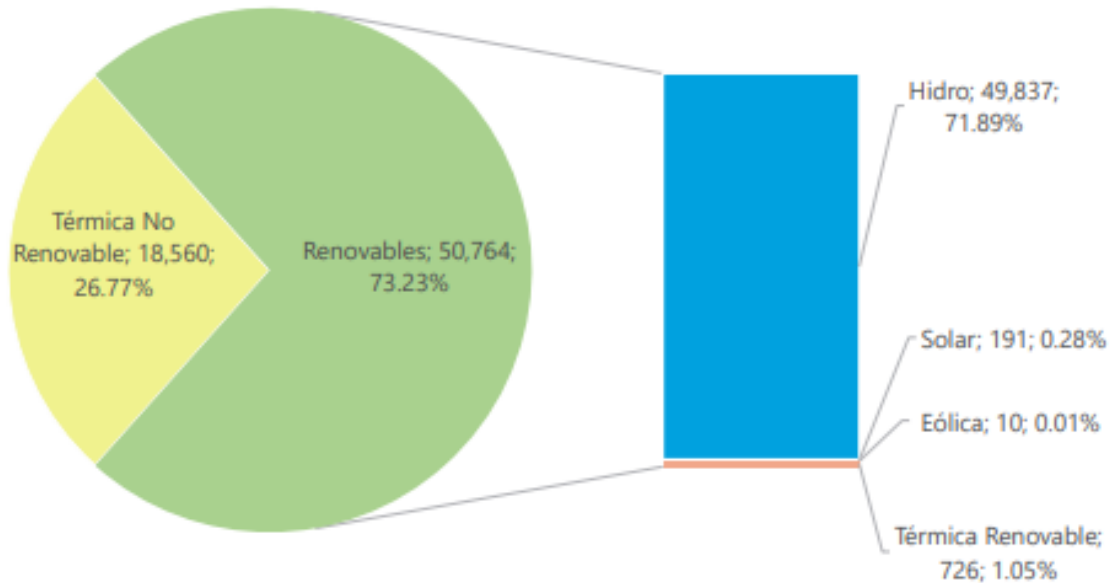
La matriz de generación eléctrica colombiana, como se mencionó anteriormente es una de la más limpias del mundo como se puede apreciar en la figura 11 la capacidad instalada de fuentes renovables de energía eléctrica está constituida por 12.175 MW, que representan el 68,54% de la capacidad efectiva neta del año 2020.

### Figura 11

*Capacidad instalada de generación eléctrica [MW; %] 2020*



*Nota: Tomado de (OLADE, 2021)*

**Figura 12***Generación eléctrica por fuente [GWh; %] 2020*

*Nota: tomado de (OLADE, 2021)*

En la figura 12 se visualiza que Colombia produjo 69.324 GWh de electricidad en el año 2020, alimentada primordialmente por la fuente hidroeléctrica con una participación del 71,89% del total, seguida por la térmica no renovable con el 26,77%, dejando en menor aporte la solar y la eólica con 0,28% y 0,01% respectivamente.

### **7.1. Factores políticos**

Colombia adoptó en el 2015 como miembro de las Naciones Unidas la agenda global de desarrollo, traducida a los 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) presentes en la figura 13, esto es fundamental ya que estos han servido como referentes para las políticas y programas de desarrollo a nivel nacional.

Según Selçuk & İkbal (2018) el aplicar políticas de conservación de energía para contribuir con el cuidado del ambiente es un deber de todos los gobiernos, ya que la política tiene la

importancia de apoyar fundamentalmente la conservación de la energía para generar ambientes económico rentables y sostenibles, además de imponer reglas o normas importantes para la gestión de la misma.

### Figura 13

#### *Objetivos de desarrollo sostenible*



*Nota: Tomado de (Naciones Unidas Colombia, 2022)*

Con estos ODS Colombia se ha comprometido con una idea de progreso de largo plazo (DNP, 2018), que para el sector energético incorpora los objetivos 7, 9, 11, 12, y 13 (UPME, 2022), en este sentido, el estado colombiano tiene definido un sistema organizacional del sector energético y se divide por entidades que planean, vigilan, regulan y controlan la gestión de energía en el marco político nacional, como se muestra en la figura 14.

**Figura 14***Estructura nacional***7.1.1. Ministerio de Minas y Energía (MME)**

Es la institución superior de los sectores energético y minero, que le corresponde formular normas y proyectos de ley para garantizar la eficiencia en la explotación y el bienestar de los recursos naturales, así como también lo relativo al régimen jurídico aplicado a la producción, distribución y comercialización de la energía (Minfin, 2016).

**7.1.2. Comisión de Regular de Energía y Gas (CREG)**

También adscrita al MME, se encarga de emitir regulaciones para el suministro de servicios públicos de energía y gas, así las empresas deben ajustarse a estas reglas para prestar servicios más eficientes, y para los usuarios costos más favorables y reales.

### ***7.1.3. La Unidad de Planeación Minero Energético (UPME)***

Unidad administrativa que hace parte del MME, la función principal es realizar la planeación conjunta del sector minero energético, haciendo pronósticos de oferta y demanda de los recursos y generar planes informativos que sirvan de apoyo a la toma de decisiones.

### ***7.1.4. Superintendencia de servicios públicos domiciliarios (Superservicios)***

Se encuentra adscrita al departamento nacional de planeación, en la ley 142 de 1994 se estableció legalmente sus principios, sus funciones el control, vigilancia e inspección sobre las empresas prestadoras de servicios como acueducto, saneamiento, aseo, electricidad y gas.

### ***7.1.5. Superintendencia de industria y comercio***

Unidad adscrita al ministerio de comercio, industria y turismo su principal función es regular y vigilar la libre competencia económica y velar por los derechos de los consumidores, además de proteger datos personales y administrar el sistema de propiedad industrial y resolver controversias en dado que se presenten.

### ***7.1.6. Instituto de Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPSE)***

Se encarga de satisfacer las necesidades de energía a los residentes de zonas que no con el servicio, es decir, define, e implementa y monitorea soluciones energéticas sostenibles que cuenten con estándares de eficiencia en zonas no Interconectadas ZNI. Implementando el uso de fuentes renovables que estén acorde con la preservación del medio ambiente.

## **7.2. Factores económicos**

Colombia con su ley 1715 de 2014 en sus artículos 11,12,13 y 14 concede beneficios tributarios y fiscales a quienes realicen inversión en proyectos de Fuentes No

Convencionales de Energía (FNCE y FNCER) y Gestión Eficiente de la Energía (GEE), se distinguen 4 beneficios tributarios:

**Tabla 6**

*Beneficios tributarios*

Beneficio	Descripción General
<p><b>Deducción especial del impuesto sobre la renta</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Artículo 11 de la Ley 1715 de 2014.</li> <li>• Artículo 2.2.3.8.2.1. y siguientes del Decreto 2143 de 2015 (incorporado al Decreto 1073 de 2015).</li> </ul>	<p>Los contribuyentes declarantes del impuesto sobre la renta que realicen directamente nuevas erogaciones en investigación, desarrollo e inversión para la producción y utilización de energía a partir FNCE o gestión eficiente de la energía, tendrán derecho a deducir hasta el 50% del valor de las inversiones.</p>
<p><b>Depreciación acelerada</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Artículo 14 de la Ley 1715 de 2014.</li> <li>• Artículo 2.2.3.8.5.1. del Decreto 2143 de 2015 (incorporado al Decreto 1073 de 2015).</li> </ul>	<p>Gasto que la ley permite que sea deducible al momento de declarar el impuesto sobre la renta, por una proporción del valor del activo que no puede superar el 20% anual.</p>
<p><b>Exclusión de bienes y servicios de IVA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Artículo 12 de la Ley 1715 de 2014.</li> <li>• Artículo 2.2.3.8.3.1. del Decreto 2143 de 2015 (incorporado al Decreto 1073 de 2015).</li> </ul> <p>Ley 1715 art. 12, Decreto 2143 Artículo 2.2.3.8.3.1.</p>	<p>Por la compra de bienes y servicios, equipos, maquinaria, elementos y/o servicios nacionales o importados que se destinen a la pre-inversión e inversión, para la producción y utilización de energía a partir de las FNCE, así como para la medición y evaluación de los potenciales recursos, y para adelantar las acciones y medidas de gestión eficiente de la energía.</p>
<p><b>Exención de gravámenes arancelarios</b></p> <p>Ley 1715 art. 13, Decreto 2143 de 2015 Arts. 2.2.3.8.4.1.</p>	<p>Exención del pago de los Derechos Arancelarios de Importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre-inversión y de inversión de proyectos con FNCE.</p>

*Nota: Adaptado de (UPME, 2016)*

Igualmente, gracias a la Resolución número 030 de 2018 expedida por la CREG, los usuarios ya sean autogeneradores o Generadores Distribuidos pueden vender sus excedentes de energía al Sistema Interconectado Nacional.

Por otro lado, Colombia no detiene esfuerzo en emplear las fuentes de energía como procesos de transición y movimiento económico del país, tanto a nivel nacional como internacional, fortaleciendo y enriqueciendo tratos con otros países.

En el 2019 se celebró la primera subasta bilateral de energía renovable en Colombia, en donde se asignaron 2,2 GW de capacidad de energía solar y eólica por medio de 7 generadores y 22 comercializadores a un precio promedio de 95 COP por kWh (\$0,027), que como lo dijo la ministra de minas y energía “cuando uno compara estos precios con los precios de generación tradicional, este es el inicio de una revolución” (Suarez , 2019)

Por otro lado, en octubre del 2021 se celebró la Subasta CLPE No. 03-2021 en donde se firmaron contratos que entrarán en fase de operación en 2023, la subasta de energías renovables en Colombia logro la asignación de 11 proyectos solares adjudicados a 9 empresas generadoras y 53 comercializadoras, con inversiones alrededor de los 3,3 billones y con una obligación de 796,3 megavatios (MW), estos proyectos prometen la generación de 4700 puestos de trabajo, beneficiando a los departamentos de Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Norte de Santander, Tolima, Meta , Magdalena, Córdoba, y Atlántico (Mesa, 2021)

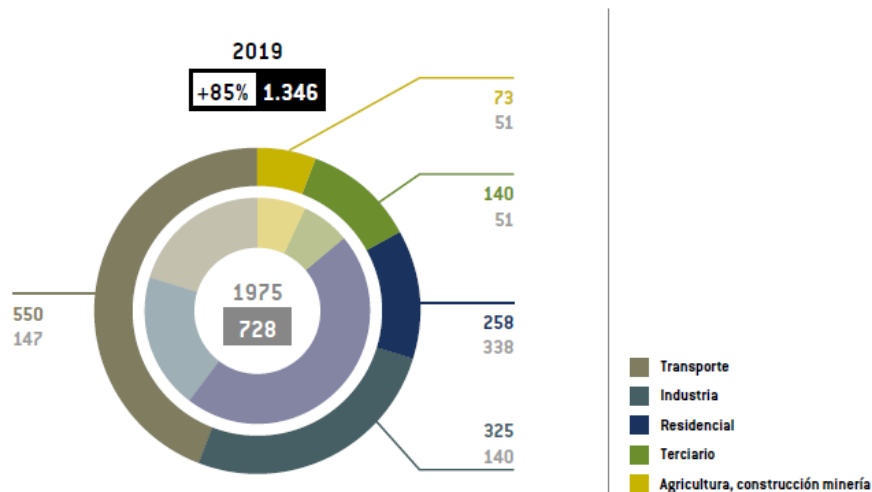
En el evento de rendición de cuentas del periodo 2018 - 2022 por el MME, el ministro Diego Mesa, citado por (Gaviria, 2022) menciona que, en los esfuerzos por la reactivación económica del sector se involucran temas de transición energética y diversificación, sostenibilidad, como resultado el aumento de energía renovable pasando de 28 Mwp a 880 Mwp que es igual al consumo de 668.760 hogares y disminuye en 1.126.103 toneladas de CO2 al año, de igual manera se pasó de solo tener 2 proyectos de renovables en 2018 a 26 grandes proyectos entre solares y eólicos y más de 3.000 fotovoltaicos a pequeña escala.

### 7.3. Factores socio-culturales

Colombia ha venido teniendo un desarrollo tanto poblacional como económico en las últimas décadas, pasando de una sociedad que consumía 728 PJ de energía en 1975 a 1346 PJ en 2019, lo que muestra un avance en cuanto a industrialización y urbanización, y es que, como se ve en la figura 15 la participación de consumo energético por sectores ha tenido diversos cambios.

#### Figura 15

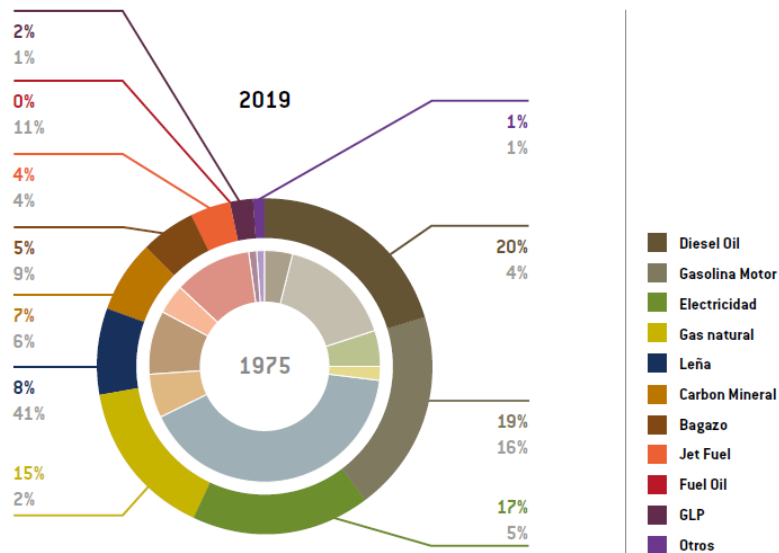
*Participación de consumo energético por sectores 1975 - 2019*



*Nota: Tomado de (UPME, 2022)*

Los cambios más fuertes se han presentado indiscutiblemente en el sector transporte y la industria, que han tenido crecimientos anuales de 5,9% y 2,4% respectivamente (UPME, 2022)

Consecuentemente, en la figura 16 podemos ver un progreso en cuanto a mejoras de cobertura y sustitución de combustibles tradicionales a unos de mayores eficiencias como el cambio de leña y bagazo por electricidad y gas natural, lo que contrasta igualmente con la disminución energética en el sector residencial.

**Figura 16** Participación de matriz energética 1975 - 2019

*Nota: Tomado de (UPME, 2022)*

Según la UPME el primer reto del sector energético es la cobertura y calidad, pues aún hay muchas familias que no cuentan con el servicio, en 2018 la cobertura energética fue del 96,5% lo que dejó aproximadamente a 495 mil hogares sin energía eléctrica (CPC, 2021), en su mayoría, estos hogares se encuentran alejados del SIN lo que hace muy costosa la inversión en infraestructura para la prestación del servicio, dejando alternativas como el autoabastecimiento con FNCER como la solar fotovoltaica como opciones más favorables, en este sentido, el MME da cubrimiento a estos proyectos de autogeneración en los distintos departamentos, según Diego Mesa, al cierre de su mandato en 2022 Colombia tendrá más de 3000 proyectos solares fotovoltaicos de autogeneración a pequeña escala (LR, 2022). Esto es consecuente con el cuarto reto del sector que según la UPME se basa en cambios en la digitalización y descentralización, la primera presenta aportes y avances investigativos en cuanto a desarrollo tecnológico de mayor eficiencia energética, que son vital insumo para la descentralización ya que permite la transformación de un sistema unidireccional a uno multidireccional, esto es posible gracias a las

nuevas fuentes de generación que se pueden desarrollar a pequeña escala como paneles solares, baterías, parques eólicos, entre otros, que se pueden ejecutar con menores inversiones lo que permite la proliferación de empresas y por ende mayor competencia. De hecho, en estos sistemas más descentralizados el usuario puede cambiar su rol en la cadena de valor, pasando de netamente consumidor hasta el autoabastecimiento parcial o completo a precios competentes al de la red, e incluso teniendo la posibilidad de vender sus servicios a la red y tener alguna ganancia.

Además, en el cuarto reto energético que propone la UPME sin duda existe una transformación en la educación y capacitación del personal en temas de FNCE y demás variables a tener en cuenta en la brecha tecnológica del país, siendo algunas de ellas, el hidrógeno como fuente de generación y almacenamiento, la inclusión de inteligencia artificial y el manejo, gestión y análisis de Big data, igualmente se promueve una cultura de transparencia de la información por parte de los prestadores del servicio hacia sus usuarios, lo que genera una sociedad más consiente, teniendo en cuenta que los usuarios estando bien informados pueden llegar a tomar mejores decisiones.

Por otro lado, el gobierno está tomando un papel más activo en cuanto al cambio cultural en temas como la eficiencia energética, esto con políticas más decisivas como las presentes en la ley 1955 del 2019 en sus artículos 292 y 296, en la primera se modifica el artículo 30 de la ley 1715, el cual ordena la realización de auditorías energéticas a instalaciones públicas en donde se planteen objetivos de eficiencia energética a iniciar en el 2019 y con una reducción del consumo del 15% para el primer año y metas a determinar de forma escalonada para los siguientes años, y la segunda, obliga a los comercializadores del mercado mayorista a que mínimamente entre el 8% y 10% de sus compras de energía provengan de FNCER, esto para diversificar la matriz energética. Postura más estricta por parte del gobierno nacional con políticas como las ya mencionadas

facilitan el cambio cultural que se necesita para la adopción de las nuevas formas y fuentes de energía que están ingresando a la nación, ya que incorporan la transición de forma paulatina.

#### **7.4. Factores tecnológicos**

En Colombia, se comenzó a prestar el servicio de energía eléctrica desde finales del siglo XIX y desde entonces, el sistema eléctrico ha venido implementándose con sus avances y modificaciones, con una gran ventaja y es que al ser país rico en las fuentes que generan la misma, el desarrollo tecnológico y de investigación se ha hecho más fácil pese a las crisis eléctricas que se han presentado.

Por lo anterior, vale la pena reconocer en términos generales los avances que se han tenido a nivel tecnológico, de implementación e investigación en el sistema eléctrico colombiano y cómo estos avances, de la mano con el gobierno nacional, sientan las bases para responder a los retos en materia de energía que tiene el país para las futuras generaciones.

En primer lugar, como se mencionaba anteriormente, en Colombia el servicio de energía eléctrica comenzó a prestarse desde finales del siglo XIX “cuando miles de habitantes de la capital del país vieron cómo se esparcía la luz de un centenar de lámparas que iluminaban las calles de Bogotá” (CREG, 2021) desde entonces, se comenzó a impulsar la electrificación por medio de interconexiones regionales, que dieron a lugar la creación del Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico (Electraguas) en 1946 que después se convertiría en Instituto Colombiano de Energía Eléctrica (ICEL) y al amparo de la energía a través de ministerios y entidades administrativas.

A nivel de invención y avances destacables en tecnología se tiene los siguientes:

#### ***7.4.1. Avances en sistemas de almacenamiento.***

Colombia, al ser un país rico en biodiversidad ha desarrollado a lo largo de los años, sistemas de almacenamiento de energía, dentro de los cuales se tiene como principal las hidroeléctricas que representa mayor fuente de generación de energía en el país. Por medio de estas, se almacena la materia prima, que es el agua, en grandes represas, que luego con las turbinas en ejercicio generan electricidad y logran su cometido; este sistema de almacenamiento presenta varias ventajas dentro de las cuales se resaltan 1) una gran vida útil, 2) capacidad de potencia, 3) bajos costos de operación. Sin embargo, presenta enormes limitaciones como la inversión inicial alta, transformación de maquinaria y sin duda el gran impacto ambiental por causa de las inundaciones además de inconvenientes presentados en la distribución o el mantenimiento en las plantas por causa del fenómeno del niño.

Debido a lo anterior cada vez se ha buscado diversificar las fuentes de energía, por medio de la implementación de tecnología tales como las Smart grids o microrredes, que llevan consigo el surgimiento de la necesidad de crear nuevos sistemas de almacenamiento que sean flexibles y productivos en todo el proceso.

Una de las opciones que se han visto como factibles, sin duda son las baterías, ya que son la tecnología que actualmente brindan mayor estabilidad y confiabilidad, además en investigaciones se proyecta que se desarrollen nuevas baterías que aporten mayor rentabilidad en cuanto a vida útil, tamaño y rendimiento (Villota, 2021).

#### ***7.4.2. Avances en la movilidad sostenible***

Para contribuir con la movilidad sostenible, si bien es cierto que existen controles, tales como hacer revisiones constantes de los vehículos para garantizar la seguridad, la promoción del uso de medios de transporte de cero emisiones como la bicicleta o vehículos eléctricos, en nuestro

país se han planteado iniciativas para motivar la transición energética como la ley 1964 del 2019, que promueve la adquisición y uso de vehículos eléctricos dando entre algunos beneficios de rebajas en impuestos, bajos costos en revisiones técnico-mecánicas también exoneración de restricciones de movilidad.

Del mismo modo se ha puesto en marcha la formulación de planes de movilidad más ambiciosos utilizando tecnologías para el transporte público de baja emisión, por ejemplo, Bogotá ya cuenta con puntos públicos de recarga, electro-terminales para la nueva flota y más de 400 buses eléctricos, que la hacen de las ciudades de Latinoamérica con más vehículos eléctricos para el transporte público (Bancolombia, 2021).

Colombia ha sido pionera en América latina en los últimos años en cuanto avances importantes en la movilidad sostenible, tal y como lo menciona, Oliverio García, presidente de la asociación Andemos, que nuclea a los importadores y ensamblador de vehículos eléctricos en Colombia, este afirmó que en 2021 un total de 1.296 unidades eléctricas fueron matriculadas y en el primer trimestre del año 2022 se registra un total de 1.097 matrículas, es decir, que se prevé que tenga un aumento del 200% con respecto al anterior, seguido por México que registro 1.140 en 2021 y 570 en el primer trimestre del 2022, García también menciona que Colombia está en la 3 posición en América latina, con respecto a vehículos híbridos 14.694 de los cuales 1.712 son vehículos híbridos enchufables, a pesar de las barreras como altos costes de venta, confiabilidad del usuario, ya que falta de infraestructura eléctrica para el proceso de cargue, sin embargo es un importante avance a destacar, debido a que el sector transporte es el mayor consumidor de energía y el que más residuos gaseosos contaminantes emite (Semana , 2022).

### ***7.4.3. Premios por innovación y transformación***

El fortalecimiento de las políticas entorno a la investigación e innovación en el sector energético ha permitido a las universidades y empresas prestadoras del servicio de energía obtener premios, de los cuales recientemente encontramos los siguientes:

- La Universidad Javeriana junto con Enel Condesa, ganaron los Premios ASOCODIS - Innovación y Desarrollo Energético, del cual se obtuvo el segundo lugar en la categoría de Innovación y Desarrollo Energético, por la creación de Subpower Training Game, un sistema de entrenamiento de realidad virtual, en subestaciones eléctricas de potencia. (Enel, 2020)
- La Universidad de los Andes junto con Enel Condesa, también tuvieron un reconocimiento en Decathlon Latin America & Caribbean, con el proyecto + Huerto + Casa, el cual consistió en la construcción de una vivienda sostenible diseñada con una inversión de \$70.000 dólares, como alternativa de vivienda social para las personas de bajos recursos, a través de una casa ecológica y auto sostenible que use energía renovable. (Enel, 2020)
- EPM obtuvo un reconocimiento a nivel nacional por la ASOCODIS y a nivel Internacional por el Foro Económico Mundial por su trabajo denominado “FACTS Distribuidos: resultados del proyecto piloto de una tecnología para la optimización de los sistemas de potencia” que consiste en una nueva tecnología, basada en electrónica de potencia, que maneja el flujo de energía eléctrica por medio de válvulas electrónicas, como si fuera un flujo de agua en una tubería. La solución que presenta es mover la energía de líneas muy cargadas hacia otras más descargadas, optimizando así la infraestructura existente, su reconocimiento internacional se dio el 2020 por el Foro Económico Mundial, dentro de la

categoría Infraestructura Crítica, como una de las tres tecnologías que está jugando un rol fundamental en la transformación energética en la última década. (Andesco, 2021)

- EPM obtuvo el tercer puesto en el premio a la Innovación en la Comisión de Integración Energética Regional (CIER) por promover una solución tecnológica integral e interoperable que permite habilitar los nuevos servicios de energía eléctrica en Zonas No Interconectadas – ZNI, ya que con su equipo desarrollaron la forma de generar energía con sistemas de lectura, medición y facturación por unidad de tiempo, siendo esta una opción y propuesta viable para remitir soluciones solares fotovoltaicas individuales a familias alejadas y sin posibilidad de acceso a la red de energía eléctrica convencional. (Despejando Dudas, 2022)

#### ***7.4.4. Avances en la implementación desde el gobierno nacional.***

Desde el gobierno Nacional se han promulgado proyectos y políticas para generar una transición energética que permita el desarrollo del país, pero también la conservación del medio ambiente, por esta razón, desde el 2019 se han venido implementando inversiones en 14 proyectos de energías renovables no convencionales, en los que se dimensiona la construcción de nueve eólicos y cinco solares los estarán ubicados en La Guajira, Cesar, Córdoba, Valle del Cauca y Tolima, aumentando la participación de este tipo de fuentes en la matriz eléctrica del país de menos del 1% al 12%.

Como muestra de dicha implementación en el 2022 se inauguró, uno de los parques eólicos presupuestados en Uribia, Guajira, la cual tiene una capacidad instalada de 20 MW y tiene la ventaja que cuenta con 10 aerogeneradores distribuidos a lo largo de 5,5 hectáreas, donde se tuvo estimado abastecer de energía a una población equivalente a 33.295 familias. (La República, 2022)

Otro de los avances que se tienen en el sistema energético, es el ingreso de 3.000 MV dentro de los cuales la energía solar tendría una participación del 50% como operadora del mercado eléctrico permitiendo así, que las políticas de mitigación de los efectos adversos contra el medio ambiente sean una realidad. (Cabello, 2022)

Partiendo de los avances y factores anteriormente mencionados, podemos resaltar que cada vez los avances tecnológicos toman mayor importancia, ya que la ciencia y la innovación son una fuente de desarrollo económico para el país, la mayoría de estos proyectos permiten al sistema satisfacer las necesidades cada vez más exigentes en cuanto a calidad, cobertura y sostenibilidad ambiental. Por esta razón el sector eléctrico de la tecnología está cambiando todo, desde la generación, distribución hasta el consumo, los cambios están motivados principalmente por la digitalización del sector y por las fuentes de energía renovables.

Dentro de las propuestas más destacables en el presente y para futuro, además de las impulsadas por el gobierno nacional se han considerado las siguientes:

Las redes inteligentes o Smart grids, que son básicamente un sistema interconectado de potencia donde no solo fluye la energía sino también información de forma automática y alcanza altos niveles de seguridad y sostenibilidad en el suministro de energía eléctrica y se muestran como una gran opción para enfrentar los retos del futuro, este flujo de datos permite la implementación de medidores inteligentes o Smart meters, que tienen dentro de sus funciones, medir el uso de la energía en períodos pequeños, capacidad de comunicación periódicamente y establecer una comunicación bidireccional entre el medidor y el distribuidor.

La implementación de sistemas de medición inteligentes, que trae ciertos problemas como la adquisición y tratamiento de datos Celis et al., (2018) pero proponen un método apoyado en el algoritmo k- means para identificación y limpieza de datos en la medición inteligente doméstico,

se busca cumplir con el objetivo principal, que es interpretar el patrón de uso de energía eléctrica además de procesar la información para realizar análisis más rigurosos. Para ello se ha tomado un caso de estudio en Bogotá se recaudaron datos de 6060 durante cuatro meses inteligentes, y se demostró que se puede categorizar patrones de consumo de los usuarios según su estrato y ser utilizados por las entidades de servicios públicos para tomar decisiones presentándose como algo viable para el país.

Por otra parte, Vega, et al., (2018) ha propuesto un diseño llamado supervisión y control de cargas SCC para la gestión de la energía domiciliaria aparte del dispositivo el enfoque tiene que ver más con el monitoreo y control de cargas en los aparatos de uso doméstico, una integración de diferentes dispositivos genera que se pueda programar el encendido y apagado en horas determinadas todo con un sistema Internet de las cosas.

Un estudio que se desarrolló en colaboración entre la UPME, Carbon Trust, Imperial College London y la Universidad Nacional de Colombia con apoyo de UK PACT, entre 2019 y 2020 donde se utilizó el Whole Energy System Model (WeSIM) desarrollado en la misma universidad en Londres que su función es simular el impacto de las tecnologías de redes inteligentes en el sistema eléctrico, donde con ayuda de 150 expertos del sector se adelantaron más de 60 proyectos piloto, este estudio brindó resultados cuantificables por primera vez en Colombia de beneficios económicos en generación, transmisión, distribución, mantenimiento, operación entre otras áreas del sector eléctrico como reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Para complementar de este estudio se pudo concluir que en un escenario con redes inteligentes en el 2030 además de darse una descarbonización enorme se obtienen múltiples ahorros que provienen de menores costos de operación (UPME, 2021).

A manera de conclusión se puede afirmar que, Colombia tiene gran potencial para responder con los retos ambientales, económicos, que requiere el mantenimiento del sistema eléctrico, basta con implementar las alternativas y promover tanto en el Gobierno Nacional como en las empresas privadas y públicas del sector, las políticas necesarias para asegurar la ejecución de lo que a lo largo de la historia del país se ha construido. Para esto, se hace necesario que se sigan ejecutando los proyectos ya programados tales como parques eólicos, solares y sistemas de redes inteligentes o Smart grids, sistemas de medición inteligentes entre otros que se han adelantado, sin dilaciones, ni intervenciones de intereses particulares, por lo que la solidaridad y la proyección al futuro y la transparencia en la administración de los recursos será indispensable. Lo más importante es que se tiene un panorama esperanzador para el país, pues se observa una materialización y un liderazgo frente a otros países en la implementación de nuevos sistemas, métodos y tecnologías eléctricas.

### **7.5. Factores ecológicos**

Los cambios en la estructura del marco legal y de la normativa ambiental ha generado compromisos importantes de adaptación de infraestructura para combatir todos los factores que conllevan al calentamiento global, además según la UPME el tercer reto que propone en el PEN 2020-2050 para el país en el sector energético, es la mitigación y adaptación al cambio climático, está enfocado primordialmente en cumplir los compromisos estipulados, De hecho en la cumbre climática cop29 que se llevó a cabo en Escocia el presidente colombiano mencionó que se está llevando una estrategia llamada "camino a cero" de la mano de países de la región para mejorar la gestión de la crisis del cambio climático, esto tiene como objetivo reducir en 51% la emisión de gases efecto invernadero para el año 2030 (Acosta, 2021)

Sin embargo, el avance tecnológico para la descentralización del sistema eléctrico tendrá una gran participación en el largo plazo, en el mediano plazo la extracción de hidrocarburos seguirá presente en el país, es decir la energía primaria continuará con un porcentaje importante de combustibles fósiles por ejemplo es importante destacar que el sector minero energético genera contribuciones importantes en el PIB esta participación oscilo entre 8% y 14% en el periodo 2005 a 2019, además la extracción de estos recursos contribuyen con las regalías para el desarrollo nacional en los últimos años fue de aproximadamente de 2.400 MMCOP (UPME, 2022), cabe mencionar que así como estas actividades estarán sujetas a mayores estudios ambientales y regulaciones por el estado también contarán con apoyos e inversiones a los actos que mejoren el impacto ambiental con el uso eficiente recursos.

#### ***7.5.1. Agencia Internacional de Energía (IAE)***

Es una organización internacional cuya función es brindar apoyo a la política energética para sus miembros y tiene 3 pilares fundamentales: la seguridad energética, el desarrollo económico y la protección medio ambiental. Los intereses del gobierno colombiano de ser miembro de (IAE) va por buen camino, en julio de 2021 aceptaron la solicitud y se empezó a gestionar el proceso de adhesión formal. El MME participó en el evento IAE 2022 llevado a cabo en marzo en París, donde se reconoció al país por los avances en temas de transición energética la cual es vital para la construcción de un mejor país, Además de tocar temas de transición y seguridad energética también el impacto en el sector de los altos precios de la energía y el sector (Sandoval, 2022)

Por otro el gobierno entrante de Colombia de Gustavo Petro ha designado a la nueva ministra de ambiente y desarrollo sostenible, Susana Muhamad quien tiene títulos de ambientalista y filósofa además de tener experiencia en la secretaría de la alcaldía mayor de Bogotá también fue

secretaria de ambiente de la misma ciudad en el mandato de Petro, en su cargo se desarrolló el plan de cambio climático de la ciudad. Quien en sus primeras entrevistas con medios de comunicación locales ha dejado claro que dentro de sus misiones está resolver los conflictos socio ambientales que están presentes, además de trabajar para que se cumplan las licencias ambientales en proyectos ambiciosos de extracción de recursos, también dejó entre claro que para avanzar en la transición energética es necesario no realizar fracking durante su mandato por el contrario proteger los páramos, es necesario preservar las fuentes hídricas ya que generan aproximadamente el 70 % del agua potable del país, así que realizar exploraciones en zonas de paramos sería inconsistente con la crisis climática, Además ahí que juntar conocimientos para que Colombia sea potencia mundial de la vida menciona la nueva ministra (El Tiempo, 2022)

La nueva ministra de Minas y Energía Irene Vélez quien también fue nombrada por el presidente Gustavo Petro quien es una investigadora activa de la universidad del Valle y se ha dedicado a el estudio crítico de conflictos ambientales y agrarios en Colombia haciendo énfasis en el impacto social, también asistente de la revista Geoforum y directoras de varios grupos de investigación. Varios de sus temas investigativos están enfocados en la agenda del nuevo presidente de Colombia. De hecho, en una entrevista reciente menciona que su prioridad será seguro avanzando en la transición energética es decir planificar y ejecutar la política para avanzar enfocadas en las energías alternativas ya que se posee un enorme potencial para mitigar los problemas socioambientales (Medina, 2022)

## **7.6. Factores legales**

Colombia ha venido avanzando en materia de legislación al sector eléctrico, encaminándolo cada vez más hacia fuentes de energía limpias y a la gestión y uso eficiente de la

energía, a continuación, se presentan algunas de las legislaciones importantes del sector en los últimos años:

#### **7.6.1. Leyes 142 y 143 de 1994**

Es el marco que permitió que los privados pudieran tener intervención en los servicios públicos, hacer inversiones, remunerar las inversiones y trabajar en asociación con el gobierno, dejando al Ministerio de Minas y Energía (MME) como ente encargado de hacer la reglamentación y la implementación de las leyes a través de los decretos, en otras palabras, el MME hace las políticas públicas para que luego la CREG las pueda reglamentar.

Estas leyes también vigilan las normas en el funcionamiento de tarifas, además de proponer proyectos de ley que el gobierno dispone para adoptar como normas, así mismo, evalúan la gestión administrativa de las empresas de servicios públicos.

De acuerdo con el informe sectorial sobre la evolución de la distribución y comercialización de energía eléctrica en Colombia, confirma:

Con la expedición de las leyes 142 y 143 de 1994, el sector eléctrico nacional ha vivido cambios trascendentales encaminados a fomentar la competencia en el mercado, tales como la desintegración vertical y la separación de actividades. De igual forma, se ha pasado de un estado en el ejercicio de sus funciones como ente regulador, planeador y de control, a uno centrado en la fijación de lineamientos de política y la delegación de las responsabilidades anteriormente citadas a la CREG, UPME y SSPD. También es de resaltar, la inclusión de agentes e inversiones privadas en las empresas estatales y nuevos proyectos de infraestructura (UMPE, 2020, pág 22)

### **7.6.2. Ley 1715 de 2014**

En Colombia esta ley tiene como objetivo el fomentar el crecimiento y el uso de las FNCE, las FNCER, los sistemas de almacenamiento y el uso eficiente de la energía en todo el territorio nacional, por eso, su función es establecer el marco legal y las herramientas para la promoción y aprovechamientos de dichas fuentes, de igual forma busca incentivar la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para la producción de energía, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda, en el marco de la política energética nacional, a través de incentivos tributarios, arancelarios y fiscales, y además, permitiendo la venta de excedentes a la red eléctrica nacional (Ley 1715, 2014).

### **7.6.3. Resolución CREG 30 de 2018**

Esta resolución tiene como objetivo regular los aspectos tanto operativos como comerciales, que permitan la integración de la autogeneración y la generación distribuida al Sistema Interconectado Nacional (Resolución 030, 2018)

Se incorpora en la reglamentación el crédito de energía, con el cual se permite a un autogenerador el suministrar en la red el excedente de energía generado, para posteriormente ser devuelto y así reflejar un precio menor en su facturación, así mismo, en caso de que el excedente entregado a la red sea superior al consumo mensual, esa energía es pagada por la empresa comercializadora de energía permitiendo un aprovechamiento económico adicional, así mismo para el Generador distribuido que solo inyecta energía a la red, en su remuneración se incluyen beneficios adicionales.

### **7.6.4. Ley 1955 del 2019**

En esta ley se expide el plan nacional de desarrollo para los años 2018 – 2022 denominado "Pacto por Colombia, pacto por la equidad", se basa en 3 pactos estructurales, la legalidad, el

emprendimiento y la equidad, con los que busca generar igualdad de oportunidades para todos los colombianos. En esta ley se modifica el beneficio tributario de la ley 1715 de 2014 que hace referencia a la deducción del 50% del valor de la renta gravable para proyectos de FNCE, cambiando el tiempo de deducción de 5 a 15 años, volviéndolo aún más atractivo para la inversión de capital (ARTÍCULO 174, Ley 1955, 2019).

#### **7.6.5. Ley 2099 de 2021**

Moderniza las leyes vigentes hasta el momento e incorpora disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético a través de la utilización, desarrollo y promoción de FNCE, la reactivación económica del país luego de la crisis sanitaria por el COVID 19 y, en general dicta normas para el fortalecimiento de los servicios públicos de energía eléctrica y gas combustible (Ley 2099, 2021).

En esta ley 2099 de 2021 se declara como de utilidad pública e interés social el uso eficiente de la energía, y se ratifican los beneficios tributarios expuestos en la ley 1715 de 2014, modificando para el caso de la depreciación acelerada, de un 25% a un 33% la tasa global anual. Así mismo se promueve el uso de hidrogeno verde y azul como FNCE siendo aplicables todas las disposiciones de la ley 1715 de 2014 a estas y, de igual forma se promueve el uso de energía de origen orgánico y energía geotérmica.

La población mundial ha aumentado significativamente en las últimas décadas, y se espera que continúe aumentando en el futuro. Según las estimaciones de las Naciones Unidas, la población mundial alcanzó los 7.8 mil millones en 2019 y se espera que alcance los 9.7 mil millones para 2050 y 11.2 mil millones para 2100, la actividad humana ha generado un aumento significativo de Las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente el dióxido de carbono

(CO<sub>2</sub>), como la quema de combustibles fósiles y la deforestación, estas emisiones están afectando considerablemente el cambio climático global.

El consumo de energía también ha aumentado significativamente a medida que la población y la economía mundial han crecido. La mayoría de la energía utilizada en el mundo proviene de combustibles fósiles, como el petróleo, el carbón y el gas natural, aunque también hay un creciente uso de implementación de energías renovables.

Sin duda alguna la tendencia mundial en la capacidad de generación de energía eléctrica es el aumento de la participación de las energías renovables (ver apéndice B), esto ligado a una reducción en la dependencia de los combustibles fósiles. A medida que la tecnología avanza y los precios de las energías renovables disminuyen se espera que su participación en la generación de energía eléctrica continúe en constante crecimiento. Sin embargo, el aumento de la demanda de energía eléctrica debido al crecimiento de la población y la economía mundial también puede contribuir a un mayor consumo total de energía. Es importante seguir desarrollando y adoptando tecnologías limpias y sostenibles para abordar estos desafíos.

## **8. Análisis estructural**

### **8.1. Identificación de variables**

El grupo de investigación GISEL en cabeza de su directora y demás profesionales desde el inicio de este proyecto mostraron su interés y su apoyo para cumplir con la finalidad de este, con el equipo de apoyo a la prospectiva (tabla 7) en esta etapa lo primero que se realizó fue una búsqueda exhaustiva y completa de las variables que influyen y describen el sistema estudiado, para lo anterior los autores se basaron en el diagnóstico situacional del grupo, el análisis preliminar, análisis nacional e internacional y otras fuentes de información.

**Tabla 7***Equipo de apoyo a la prospectiva*

ROLES DEFINIDOS	NOMBRES
<b>Directora de proyecto</b>	Ivonne Paola Hincapié Zarate
<b>Codirector de proyecto</b>	Luis Eduardo Becerra Ardila
<b>Directora grupo GISEL</b>	Mónica Andrés Botero Londoño
<b>Autores de proyecto</b>	Sergio Andrés Solano Vega Wilmer Rojas Osorio
<b>Consultora GISEL</b>	Clara Lizeth Rojas Rincón
<b>Integrantes profesionales y profesores adscritos a GISEL</b>	

Las variables se clasificaron en internas y externas para diferenciar su entorno.

- **Externas:** Hace referencia a las variables que no dependen mayormente de las acciones que tome el grupo, es decir, son externas del entorno.
- **Internas:** Son variables sobre las que el grupo tiene el control, es decir, los resultados dependen de las acciones tomadas.

De igual forma, cada entorno se subclasificó en distintos ámbitos para mejorar su comprensión, a las variables externas se les dio un enfoque nacional y a las internas un enfoque empresarial.

Las variables externas ya que son de bajo control se clasificaron de la siguiente forma:

- Política
- Económica
- Social
- Ambiental
- Tecnológica
- Social

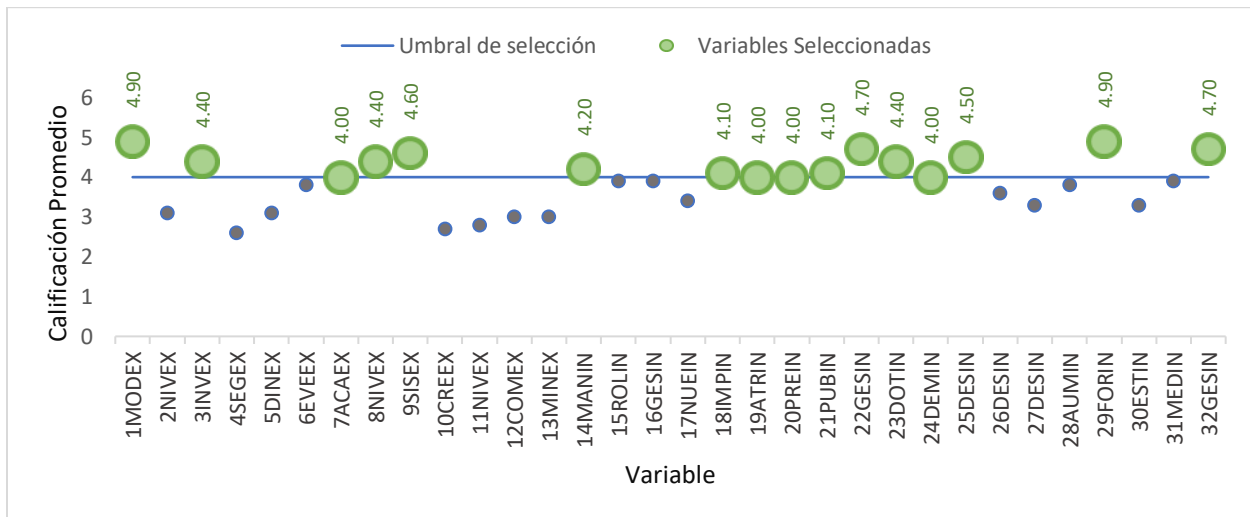
Las variables internas se clasificaron de la siguiente forma.

- Técnica
- Mercado
- Organizacional
- Financiera
- Administración

En el proceso anterior de identificación se obtuvo la lista completa de variables en este caso resultaron 46 (ver apéndice C), después fueron revisadas rigurosamente y se les aplicaron técnicas de agrupamiento para identificar semejanzas, de modo que, se juntaron algunas variables dejando como resultado 32 (ver apéndice D).

Luego, fueron sometidas a un proceso de priorización y de pertinencia por integrantes del equipo de apoyo a la prospectiva, donde a cada integrante se le hizo llegar un formulario, y se le pidió darle una valoración de 1 a 5 a cada variable según su experiencia y su visión acerca del grupo, en esta calificación “1” era poco importante para el estudio y “5” muy importante para el estudio, (ver apéndice E).

Las respuestas obtenidas se promediaron, y se definió un umbral de decisión en el que únicamente las variables con calificaciones promedio superiores e iguales a 4 continuaron en el estudio, así como se presenta en la figura 17.

**Figura 17***Priorización de variables*

En consecuencia, quedaron las 16 variables presentadas en la siguiente lista, las cuales son el insumo para el aplicativo MICMAC.

- Modernización tecnológica sostenible

Nombre corto: MODEX / Ámbito: Externa / Clasificación: Ambiental - Tecnológica

**Descripción:** Integración de tecnologías limpias que brinden soluciones ambientales sostenibles en el sistema eléctrico colombiano como (vehículos eléctricos, híbridos o de hidrogeno, estufas de inducción, entre otros).

- Inversión en ciencia, tecnología e innovación

Nombre corto: INVEX / Ámbito: Externa / Clasificación: Política - Económica

**Descripción:** Plan de financiación nacional en actividades de investigación y desarrollo, así como recursos dirigidos directamente a fortalecer el sistema eléctrico del país (capacidad, cobertura, diversificación, seguridad, etc.).

- Academias nacionales e internacionales

Nombre corto: ACAEX / Ámbito: Externa / Clasificación: Tecnológica

**Descripción:** Instituciones o grupos dedicados a la producción científica de innovación en procesos que contribuyen al sector eléctrico.

- Nivel de desarrollo del sector eléctrico en Colombia

Nombre corto: NIVEX / Ámbito: Externa / Clasificación: Tecnológica - Económica

**Descripción:** Relacionado con la cobertura, confiabilidad, calidad del servicio de electricidad, así como de las características del mercado y las políticas de regulación.

- Sistemas energéticos democráticos o descentralizados

Nombre corto: SISEX / Ámbito: Externa / Clasificación: Social - Tecnológica

**Descripción:** Sistemas que aumenten la competitividad del mercado eléctrico reduciendo la posibilidad del poder concentrado, esto depende en gran medida de la GD que permite generaciones a pequeña escala distribuidas geográficamente y conectadas con microrredes.

- Manejo y gestión de recursos

Nombre corto: MANIN / Ámbito: Interna/ Clasificación: Financiera

**Descripción:** Capacidad del grupo de investigación para la identificación, adquisición, planificación y asignación de recursos físicos, económicos y talento humano.

- Impacto de las investigaciones

Nombre corto: IMPIN / Ámbito: Interna / Clasificación: Mercado

**Descripción:** Viabilidad, pertinencia y competitividad de investigaciones o proyectos realizados por el grupo de investigación en el ámbito nacional e internacional satisfaciendo las necesidades reales.

- Atracción a programas de posgrados

Nombre corto: ATRIN / Ámbito: Interna / Clasificación: Mercado

**Descripción:** Esfuerzos desde el grupo de investigación que motiven a la vinculación de estudiantes a programas de posgrado.

- Prestación de asesorías y consultorías

Nombre corto: PREIN / Ámbito: Interna / Clasificación: técnica

**Descripción:** Capacidades del grupo de investigación en prestación de servicios de asesoría y consultoría.

- Publicaciones científicas indexadas

Nombre corto: PUBIN / Ámbito: Interna / Clasificación: Mercado

**Descripción:** Capacidad del grupo en la elaboración de documentos científicos de carácter publicable

- Gestión de relaciones externas

Nombre corto: GREIN / Ámbito: Interna / Clasificación: Técnica

**Descripción:** Relacionado con la identificación comunicación, integración y seguimiento en la formación de alianzas o activades de participación entre el grupo de investigación y personas, industrias e instituciones externas (Academia - industria, redes nacionales e internacionales de investigación, investigaciones conjuntas, contacto con egresados).

- Dotación de equipos

Nombre corto: DOTIN / Ámbito: Interna / Clasificación: Técnica

**Descripción:** Recursos físicos e informáticos que sirvan de apoyo a las actividades realizadas (laboratorios, salones, equipos, software de simulación, bit data, internet of things, modelación entre otros).

- Demanda estudiantil

Nombre corto: DEMIN / Ámbito: Interna / Clasificación: Mercado

**Descripción:** Interés de estudiantes por vincularse al grupo.

- Desarrollo de tecnologías actuales

Nombre corto: DESIN / Ámbito: Interna / Clasificación: Técnica

**Descripción:** Esfuerzos empleados en la creación de productos que ayuden o fortalezcan el sistema eléctrico colombiano desde una perspectiva de modernización, como mejoras en microrredes, sistemas de medición, gestión eficiente entre otros.

- Fortalecimiento en temas de transición energética

Nombre corto: FORIN / Ámbito: Interna / Clasificación: Técnica

**Descripción:** Hace referencia a los esfuerzos empleados en temas relacionados con la transición energética.

- Gestión de fuentes externas de financiación

Nombre corto: GFEIN / Ámbito: Interna / Clasificación: Financiera

**Descripción:** Actividades encargadas de la búsqueda, integración, seguimiento y control de personas o empresas que generen beneficios económicos adicionales.

## 8.2. Descripción relación entre variables

Una vez delimitado el sistema y descritas las variables se ingresan en el software MIC MAC este permite revisar la estructura mediante la relación influencia - dependencia de cada una de las variables, para esta relación se hace necesaria una valoración mediante una matriz que está sujeta a decisiones de algunos expertos.

Para realizar el proceso de valoración, se seleccionaron profesores del grupo GISEL, durante un encuentro, se les dio a conocer la matriz de influencias y la forma correcta de llenado, posteriormente vía correo electrónico se les envió la matriz 16 x 16, contando con una semana para la entrega de su valoración (ver apéndice F).

Se les pidió a los integrantes que calificarán esta matriz teniendo en cuenta los criterios de la tabla 8.

**Tabla 8**

*Calificación influencia - dependencia*

<b>Tipo de influencia</b>		
<b>Denominación</b>	<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>
Nula	0	Cuando no existe ningún tipo de relación de la variable $i$ sobre la variable $j$ .
Débil	1	Cuando la relación entre la variable $i$ y la variable $j$ es directa y su intensidad Débil.
Moderada	2	Cuando la relación entre la variable $i$ y la variable $j$ es directa y su intensidad Media.
Fuerte	3	Cuando la relación entre la variable $i$ y la variable $j$ es directa y su intensidad Fuerte.
Potencial	P	Esta relación se presenta cuando actualmente la variable $i$ no ejerce influencia sobre la variable $j$ , pero se prevé que en el futuro de acuerdo con las condiciones si existirá influencia.

*Nota: Adaptado de MicMac*

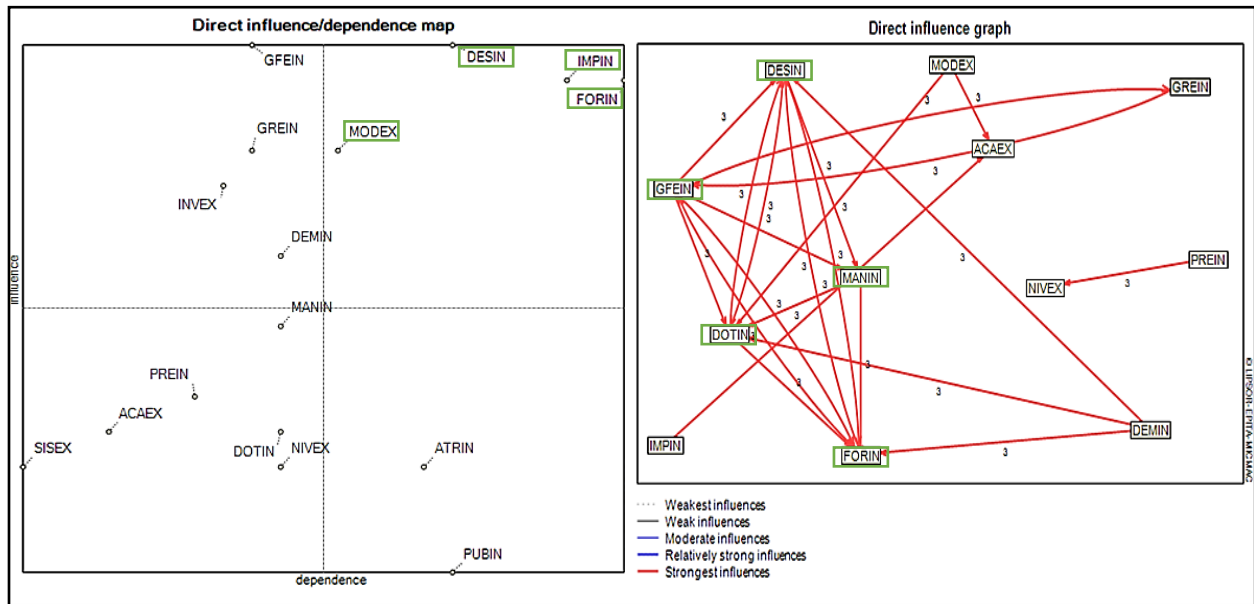
De las respuestas obtenidas se realizaron 2 matrices adicionales, una contenía la moda de cada influencia de la variable  $i$  sobre la variable  $j$ , es decir, la valoración más votada, y la otra contenía el promedio de las valoraciones, con estas dos matrices se realizó la matriz definitiva (ver apéndice G), y finalmente, se ingresaron los valores al software MicMac.

### **8.3. Determinación de las variables clave**

Las variables clave del sistema estudiado son las que tienen un alto grado de influencia y dependencia que se encuentran en el cuadrante denominado zona de conflicto en los mapas de influencia de MicMac (ver figura 2), sin embargo, se pueden considerar algunas variables de la zona de poder debido a su alto grado de influencia, en este caso el software arrojó los resultados presentes en las figuras 18, 19 y 20.

**Figura 18**

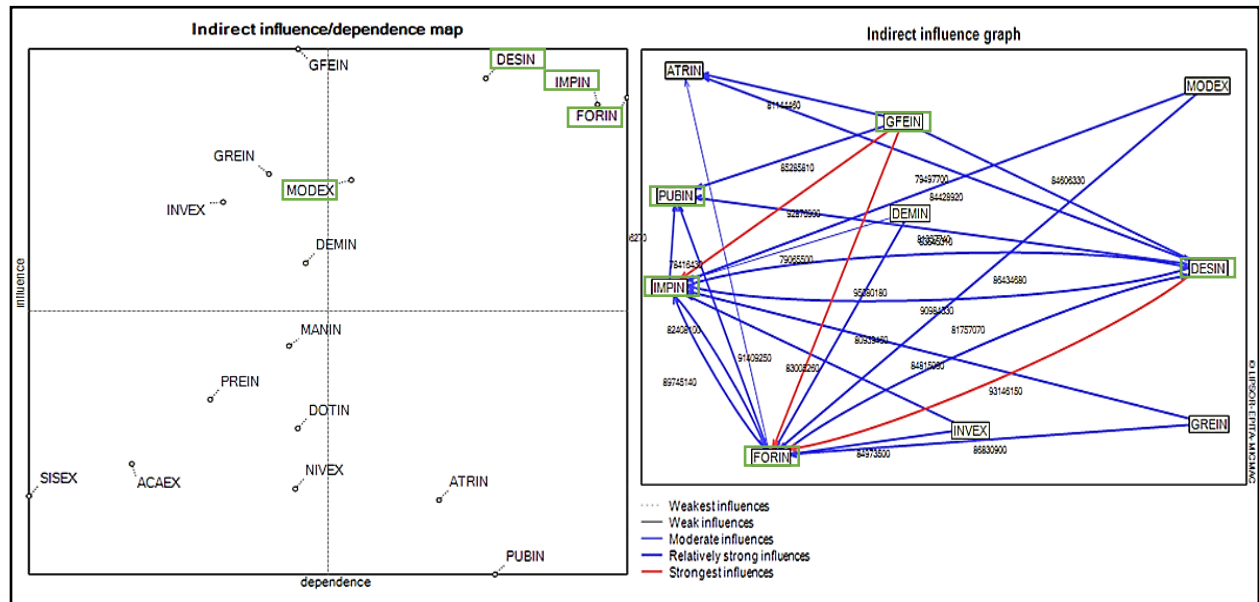
*Mapa y grafico de influencias directas*



En la figura 18 se encuentra el mapa y el grafico de influencias directas, este conjunto permite determinar las variables clave para el corto plazo, del primero denominado MID se evidencian 4 variables que se encuentran en la zona de conflicto, DESIN, MODEX, IMPIN y FORIN, a su vez, en el gráfico de influencias directas resaltan 5 variables que concentran la mayor cantidad de interacciones, de ellas, 3 son distintas a las encontradas en el MID pero solo “GFEIN” se encuentra en la zona de poder.

**Figura 19**

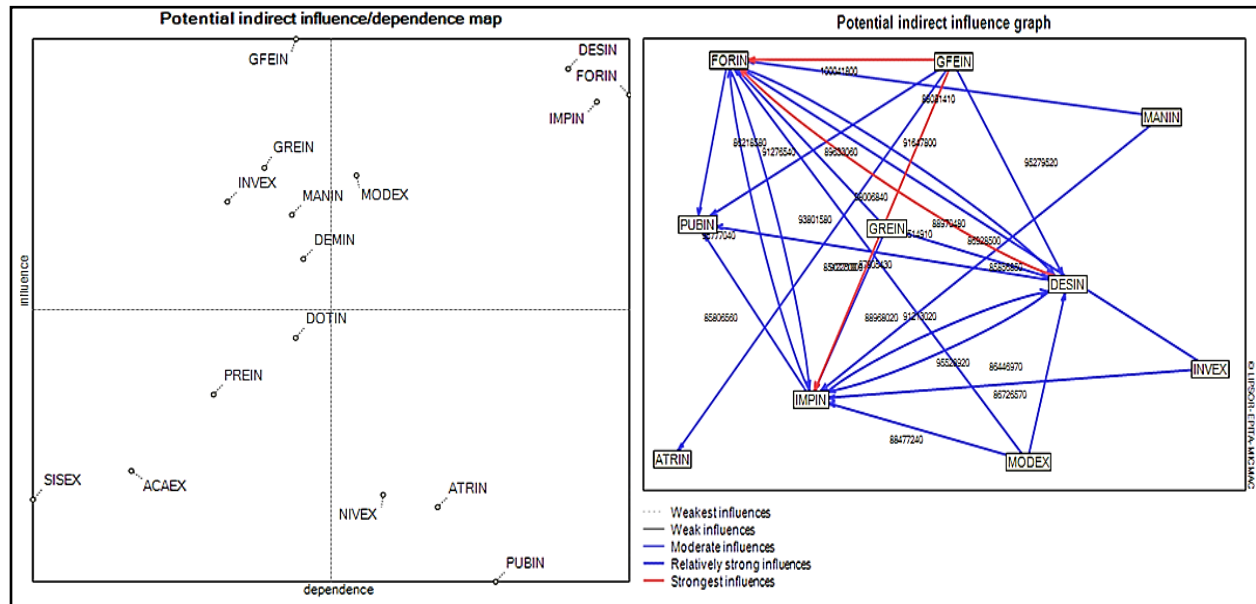
*Mapa y grafico de influencias indirectas*



En la figura 19 se encuentra el mapa y el grafico de influencias indirectas, este conjunto permite determinar las variables clave para el mediano plazo, del primero denominado MII se evidencian las mismas 4 variables encontradas en el MID, por otro lado, en el gráfico de influencias indirectas resaltan 5 variables que concentran la mayor cantidad de interacciones, de ellas, solo 2 son distintas a las encontradas en el MID y nuevamente solo “GFEIN” pertenece a la zona de poder.

**Figura 20**

*Mapa y grafico de influencias indirectas potenciales*

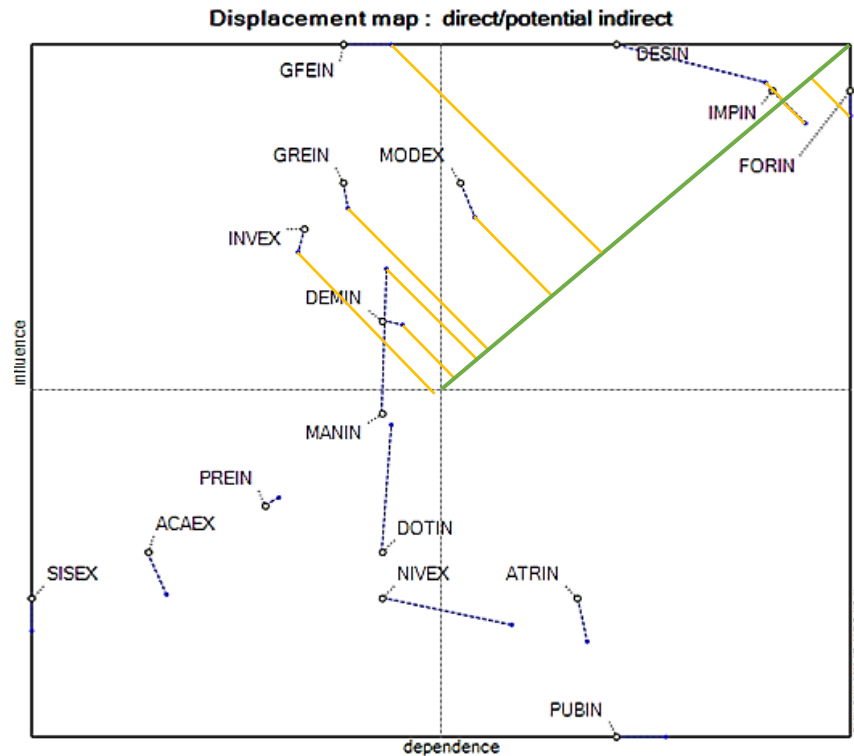


En la figura 20 se encuentra el mapa y el grafico de influencias indirectas potenciales, este conjunto permite determinar las variables clave para el largo plazo, del primero denominado MIIP se evidencian nuevamente las 4 variables encontradas en el MID, y en el gráfico de influencias indirectas potenciales resaltan las mismas 5 variables que en el gráfico de influencias indirectas.

Como el estudio prospectivo está planteado para visualizar un escenario a 2030, y este se ubica en el mediano/largo plazo, se consideró necesario para la determinación de las variables estratégicas observar el movimiento que van a presentar las variables estudiadas desde el corto hasta el largo plazo, por lo cual se presenta la figura 21.

**Figura 21**

*Mapa de desplazamiento entre las influencias directas y las indirectas potenciales*



En el mapa de desplazamiento se realizó una bisectriz en la zona de conflicto, y se hicieron líneas perpendiculares desde la bisectriz hasta cada punto final del desplazamiento de las variables ubicadas tanto en la zona de conflicto como en la zona de poder, en total fueron 9 variables las consideradas, lo siguiente fue hacer un recorrido desde la esquina superior derecha del mapa y barriendo la bisectriz se eligieron como variables estratégica las 7 primeras encontradas que correspondían con cada línea perpendicular, 4 de ellas son las de la zona de conflicto que estuvieron presentes en cada mapa de influencias, y las otras 3 pertenecen a la zona de poder, GFEIN destacó siempre por su alto grado de influencia y MANIN que fue la última, se eligió ya que, aunque en el corto plazo como se ve en el MID pertenece a la zona de problema con baja influencia y dependencia, en el largo plazo se logra desplazar hasta a la zona de poder ubicándose por encima de varias que siempre estuvieron en esta zona, en otras palabras, esta variable genera

mayor influencia sobre el sistema a medida que pasa el tiempo. Luego entonces, las variables estratégicas seleccionadas se encuentran en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Variables Estratégicas*

VARIABLE	AMBITO	CLASIFICACION
Modernización Tecnológica Sostenible MODEX	Externa	Ambiental - Tecnológico
Manejo y gestión de recursos MANIN	Interna	Financiera
Impacto de las investigaciones IMPIN	Interna	Mercado
Gestión de relaciones externas GREIN	Interna	Técnica
Desarrollo de tecnologías actuales DESIN	Interna	Técnica
Fortalecimiento en temas de transición energética FORIN	Interna	Técnica
Gestión de fuentes externas de financiación GFEIN	Interna	Financiera

## 9. Juego de actores

### 9.1. Cuadro de estrategias de actores

Tenido en cuenta los nexos que presenta cada variable adscrita al sistema con respecto a algún agente o representante, se realizó la identificación de los actores, debido a que el sistema contempla una gran cantidad de agentes se decidió agrupar a quienes comparten objetivos en común o tienen misiones semejantes en el sistema estudiado, resultando así un total de 11 grupos de actores, a continuación, se presentan con una breve descripción.

- **El estado:** Conjunto de entidades públicas encargadas de promover y controlar el sector eléctrico colombiano, mediante la creación de normas y ejecución de estas que permitan el desarrollo del sector (MME, CREG, UPME, IPSE, entre otros)
- **Industria 1:** Organismos encargados de la producción, comercialización y distribución de energía eléctrica

- **Industria 2:** Empresas encargadas de la fabricación y comercialización de tecnologías eficientes para la generación, distribución y consumo de electricidad
- **Industria 3:** Encargadas de la extracción y gestión de materia prima para la generación de electricidad
- **Academia:** Instituciones educativas y de investigación encargadas de la producción de conocimiento científico
- **Estudiantes vinculados:** Estudiantes de pregrado y posgrado vinculados al grupo de investigación GISEL
- **Profesionales investigadores GISEL:** Profesores, consultores y demás profesionales vinculados al grupo GISEL
- **Directivas UIS:** Directivos de la Universidad Industrial de Santander y de la escuela de eléctrica, electrónica y telecomunicaciones
- **Usuarios de energía eléctrica:** Personas o empresas que requieren el servicio de energía eléctrica
- **Entidades internacionales:** Organizaciones internacionales que de manera directa o indirecta influyen en el desarrollo de normativas nacionales (ONU, AIE, IRENA, entre otros)
- **Medios de comunicación:** Entidades encargadas de la divulgación de conocimiento especializado (Revistas, foros, bases de datos, entre otros)

En la metodología inicial de Michel Godet se plantea el cuadro de estrategias entre actores como una matriz cuadrada de actores por actores en donde se identifican los medios que conectan a cada actor con los demás, sin embargo, para que esta matriz sea rigurosa se debe de contar con

una participación muy activa de cada actor, lo cual no se logró conseguir durante el proyecto, en su defecto se opta por modificar un poco este paso del método presentando la tabla 10 en la que se describen los objetivos, misión y anhelos identificados para cada actor, esto en formato de lista y mediante un proceso de recopilación de información con fuentes secundarias y corroboración con fuentes primarias gracias a los representantes de cada actor con los que se pudo contar durante el desarrollo del método, a estos se les abordó con entrevistas semi estructuradas (ver apéndice H) guiadas a temas específicos pero con suficiente flexibilidad para profundizar en las ideas que se consideraron pertinentes.

Con el objetivo de generar un ambiente seguro y de confianza durante las entrevistas, primero se les explico el tema central del estudio, los avances obtenidos y la forma en la que sus aportes contribuirían en la investigación, luego se les pidió que explicaran brevemente su implicación con el actor que representaban y su hoja de ruta por las entidades en las que han laborado que pertenecen al mismo, y por último se les afirmaba que su participación de ninguna forma representaba la visión de su empresa actual sobre los temas sino más bien su punto de vista personal dada su experiencia adquirida con el grupo de interés, gracias a esto los profesionales mejoraron su disposición frente a las entrevistas.

**Tabla 10***Actores*

<b>Actor</b>	<b>Nombre corto</b>	<b>Misión</b>
<b>El estado</b>	ESTD	Promover el desarrollo de las FNCER. Reducir las emisiones en 51% a 2030 Formular y adoptar políticas de aprovechamiento sostenible de los recursos Impulsar el desarrollo económico del país. Promover la responsabilidad social y ambiental en el marco de trabajo interinstitucional con las otras entidades Realizar planeaciones de desarrollo sostenible. Regular los servicios públicos de energía eléctrica y gas combustible. Establecer política pública relacionada con la transición energética
<b>Industria 1</b>	IND1	Abastecer la demanda de electricidad bajo criterios económicos de viabilidad financiera. Suministrar servicios de energía eléctrica con calidad y confiabilidad. Generar bienestar y dinamizar el desarrollo. Garantizar el acceso del servicio de energía eléctrica en la población. Contribuir con el desarrollo del país.
<b>Industria 2</b>	IND2	Proporcionar tecnologías innovadoras. Cumplir con las necesidades del mercado. Comercializar productos que satisfagan la demanda y generen beneficios financieros. Garantizar la calidad y confiabilidad en los productos
<b>Industria 3</b>	IND3	Explorar, explotar y transformar recursos naturales para su comercialización y uso a nivel industrial. Implementar operaciones mineras legales y responsables. Contribuir al desarrollo del país.
<b>Academia</b>	ACAD	Formar ciudadanos capaces de transformar la sociedad haciéndola más productiva y sostenible. Crear conocimiento con una visión a mediano y largo plazo en áreas científicas y tecnológicas. Difundir resultados y hallazgo de las investigaciones
<b>Estudiantes vinculados</b>	ESTV	Presentar propuestas y desarrollar proyectos en áreas de desempeño del grupo. Brindar aportes al desarrollo de la región. Generar desarrollo y competitividad al grupo
<b>Profesionales investigadores GISEL</b>	PROF	Continuar con la formación integral de profesionales tanto a nivel de pregrado como de posgrado. Fortalecer las líneas de investigación. Publicar los resultados de los trabajos de investigación. Presentar propuestas de investigación y desarrollo a organismos financiadores. Divulgar los resultados de sus trabajos. Fortalecer los vínculos con otros grupos de investigación para contribuir con el desarrollo científico y tecnológico que requiere el país.
<b>Directivas UIS</b>	DUIS	Desarrollar estrategias para el fortalecimiento de maestría y doctorado en la escuela E3T de la UIS. Gestionar la financiación de propuestas para garantizar el desarrollo. Participar de manera activa en los procesos estratégicos de la universidad y de la escuela E3T
<b>Usuarios de energía eléctrica</b>	USEE	Obtener el servicio de energía eléctrica a un costo accesible, razonable además con alta calidad y confiabilidad
<b>Entidades internacionales</b>	ETINT	Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación. Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos
<b>Medios de comunicación</b>	MECO	Promover el diálogo energético sobre la seguridad energética, la estabilidad del mercado y la transparencia de datos, así como las nuevas tecnologías y la transición energética. Ser instrumento adecuado para la divulgación de la ciencia y el incremento de la cultura científica. Generar un conjunto de instrumentos para el fomento y la gestión de la I+D+I

## 9.2. Identificar las apuestas estratégicas y los objetivos asociados.

Se reconocieron 4 apuestas estratégicas o campos de batalla que surgieron a partir de las 7 variables estrategias identificadas en la tabla 9, y con ellos están asociados un total de 11 objetivos retadores. Las apuestas estratégicas y los objetivos fueron discutidos y definidos en entrevistas realizadas a algunos expertos que hacen parte del grupo GISEL. En la tabla 11 se muestran las apuestas y sus objetivos asociados

**Tabla 11**

*Apuestas estratégicas y objetivos retadores*

<b>Apuestas estratégicas y variables asociadas</b>	<b>Objetivos retadores</b>	<b>Título largo</b>	<b>Título corto</b>
Extensión (GFEIN y GREIN)	Definir metas periódicas sobre los ingresos adquiridos con fuentes de financiación externas	Definir metas periódicas	DMP
	Promover la firma de convenios, alianzas y demás actividades de participación con el sector energético a nivel nacional e internacional	Promover actividades de participación	PAP
Gestión administrativa (MANIN y GFEIN)	Destinar un monto para la adquisición y mantenimiento de equipos, que vaya de la mano con el cumplimiento de las metas de ingresos	Destinar montos de adquisición	DMA
	Establecer metas y hacer revisiones periódicas sobre desempeño de la gestión administrativa	Desempeño gestión administrativa	DGA
Investigación e Innovación (FORIN, MODEX y DESIN)	Elevar el número de solicitudes de patentes	Numero de patentes adquiridas	NPA
	Divulgar las actividades realizadas por el grupo en relación con los resultados obtenidos de convenios, proyectos, impactos generados, desarrollo de tecnologías entre otros.	Programar procesos de divulgación	PPD
	Incrementar el número de publicaciones en revistas indexadas.	Incrementar publicaciones indexadas	IPI
Impacto en el medio (IMPIN, GFEIN y DESIN)	Aumentar la investigación aplicada con el fin de crear spin off	Promover spin off	PSO
	Promover investigaciones que den soluciones socioeconómicas con la participación de los sectores productivos locales	Mejorar el aporte social	MAS
	Fomentar la investigación aplicada, para aumentar las oportunidades de mejora y modernización en los sistemas eléctricos actuales.	Identificación de oportunidades de modernización	IOM

### **9.3. Situar cada actor sobre cada objetivo**

Es importante definir cuales actores toman la posición de aliados y cuales toman posición de conflicto con el fin de analizar posibles convergencias y divergencias entre los actores, eso es posible situando cada actor frente a cada objetivo.

Para el reconocimiento de dicha posición de los 11 actores sobre los 10 objetivos se tomó la ayuda de MACTOR, este es un software desarrollado por el Instituto Francés de Innovación Informática 3IE (Institut d'Innovation Informatique pour l'Entreprise) bajo la supervisión de sus creadores conceptuales LIPSOR (Prospective Strategic and Organizational Research Laboratory), este software gracias a una serie de operaciones matriciales nos brinda una matriz de posiciones simples de actores por objetivos (1MAO) figura 22, teniendo en cuenta únicamente los signos de qué tan favorable o desfavorable esta cada actor con cada uno de los objetivos, y así poder determinar informaciones tales como implicación de cada actor y cuales objetivos son más conflictivos.

En este punto es importante dejar claro que para poder obtener la matriz (1MAO) primero se debe diligenciar la matriz (2MAO), es de ahí que según la valoración de los objetivos se deduce la posición de cada actor frente a estos.

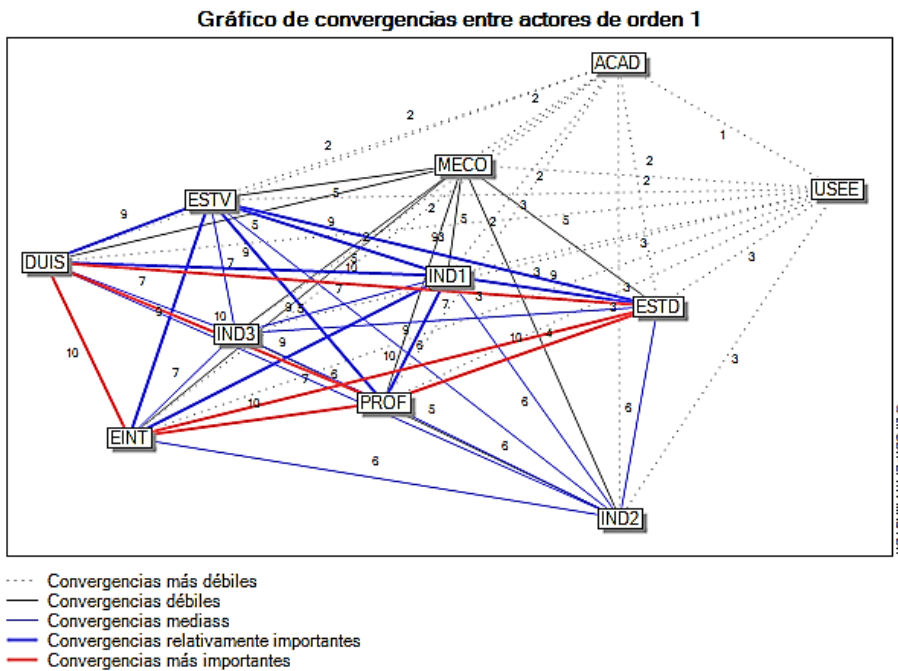
**Figura 22***Matriz de Actores x Objetivos (IMAO)*

1MAO	DMP	PAP	DMA	DGA	NPA	PPD	IPI	PSO	MAS	IOM	Suma absoluta
ESTD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
IND1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9
IND2	0	1	1	0	-1	1	1	-1	1	1	8
IND3	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	7
ACAD	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	0	-1	-1	9
ESTV	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9
PROF	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
DUIS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
USEE	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	3
EINT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
MECO	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	5
Número de acuerdos	6	10	7	4	8	11	9	7	10	9	
Número de desacuerdos	-1	0	-1	-1	-2	0	-1	-1	-1	-1	
Número de posiciones	7	10	8	5	10	11	10	8	11	10	

De la anterior matriz se deduce información importante por ejemplo que los actores como el estado, profesionales investigadores GISEL, directivas UIS y entidades internacionales, tienen una posición favorable con respecto a todos los 10 objetivos planteados, los actores industria 1 y estudiantes vinculados son indiferentes con el objetivo de desempeño de gestión administrativa pero también están de acuerdo con el resto de objetivos, por otro lado en la matriz se evidencia que los actores usuarios de energía eléctrica y medios de comunicación son los actores que presentan menor suma absoluta, es decir tienen poca valoración respecto a los objetivos, además cabe resaltar que dicha valoración por parte de los actores es indiferente frente a algunos objetivos y no porque estén en contra de su ejecución.

Asimismo, se observa que el objetivo que cuenta con la favorabilidad de todos los actores (11) es “programar más procesos de divulgación”, que, además, hace parte de la apuesta estratégica de investigación e innovación, cabe mencionar que el objetivo comprende factores tanto de formación como de aplicación teniendo en cuenta normas del estado, esto beneficia no solo a los prestadores del servicio de electricidad y medios de divulgación sino también los usuarios finales. Los objetivos “promover actividades de participación” y “mejorar el aporte social” con 10 actores a favor, que hacen parte de las apuestas estratégicas de extensión e impacto en el medio respectivamente, es decir, desde la primera intervención los actores dejan notar sus intereses de favorabilidad e importancia para fomentar los vínculos o relaciones con el sector eléctrico local e internacional, con esto poder adoptar mejores procesos de transferencia de conocimiento y generar un mayor impacto a la sociedad, se puede inferir que todos los objetivos presentan un número de acuerdos bastante considerable, en otras palabras se puede representar en convergencias entre actores, sin embargo el objetivo más conflictivo es “número de patentes adquiridas” que para el actor industria 2 y para la academia presenta un desacuerdo, según el criterio del equipo del presente estudio se tomó la decisión de presentar a la academia como un actor de competencia para GISEL, y dado sus interés se colocaron dichas valoraciones, con respecto a la industria 2 no está de acuerdo con dicho objetivo porque según su misión perciben amenaza de que grupo de estudio respecto a una posible competencia a medida que patenten más productos.

Para poder comprender mejor el análisis del entorno del grupo de investigación GISEL y tener una idea de que tipo de eventos se pueden presentar a futuro es importante hacer uso de los gráficos de convergencia y divergencia de primer orden, en ellos se presentan las relaciones simples que existen entre los diferentes actores según las valoraciones dadas por cada uno de ellos.

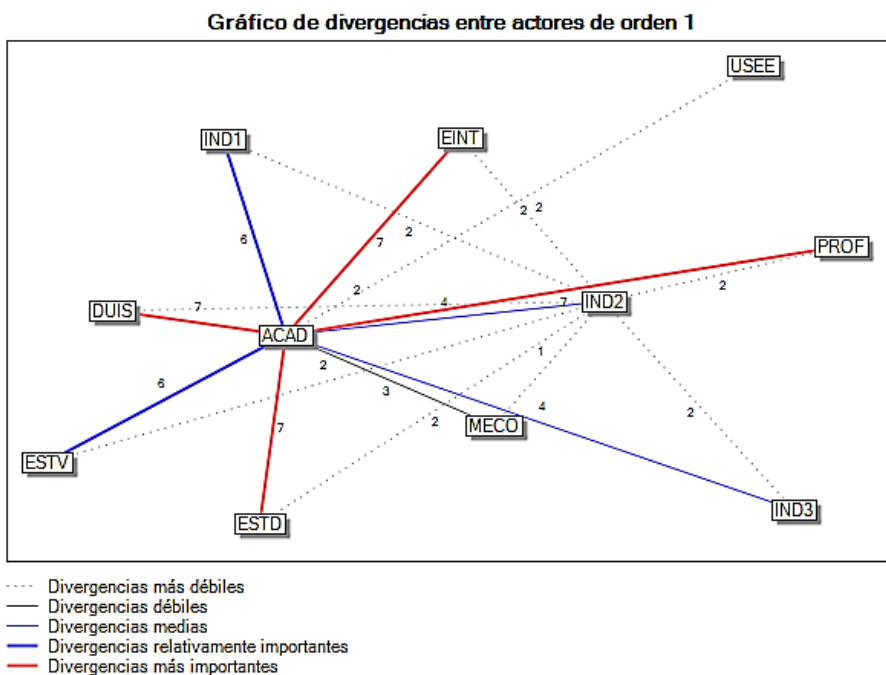
**Figura 23***Gráfico de convergencias de primer orden*

En la figura 23 se puede evidenciar que las convergencias más fuertes existen entre el estado, entidades internaciones, directivas UIS y los profesionales investigadores, lo cual tiene sentido porque son los actores que mayor relación tienen con el grupo GISEL, como el caso de las entidades internaciones que proponen medidas acordes en todo lo que tiene que ver con mitigar el impacto ambiental y el estado colombiano elabora normas para el sector eléctrico basándose en dichas propuestas por ese motivo las directivas UIS y los profesionales vinculados trabajan en conjunto con el estado para contribuir con el desarrollo del sector. Otra red sobresaliente en la gráfica hace referencia a los estudiantes vinculados, profesionales investigadores, la industria 1, la industria 2 y la industria 3, de igual manera existe coherencia porque es precisamente los estudiantes vinculados con ayuda de profesionales GISEL que gestionan temáticas investigativas y se ejecutan proyectos de invención e innovación en conjunto con las industrias eléctricas del sector.

Así como es importante revisar las convergencias entre actores del mismo modo también lo es realizar un análisis de divergencias con respecto a los objetivos.

### Figura 24

*Gráfico de divergencias de primer orden*



En la gráfica 24 se puede observar que el actor que presenta más conflicto es la academia, tiene desacuerdo con otros actores como el estado, profesores vinculados, directivas UIS y las entidades Internacionales, este desacuerdo está dado porque la academia cobija instituciones educativas y demás centros investigativos a nivel nacional e internacional por ende es posible que no estén de acuerdo que el Grupo GISEL sobresalga con sus investigaciones por encima de ellos. Además, la academia también presenta desacuerdos menos importantes con los estudiantes vinculados y la industria 1.

#### 9.4. Enumerar, para cada actor las tácticas posibles

Si bien los gráficos anteriores de convergencia y divergencia se toman en cuenta con respecto a los objetivos, se pretende ajustar mejor el análisis, por lo que es importante identificar

la extensión de la posición de cada actor en relación a los objetivos definidos, para esto se desarrolla la matriz de posiciones valoradas o matriz de actores por objetivos de orden 2 (2MAO) presente en la figura 25, en esta se realiza una evaluación de cada actor frente a cada objetivo mediante una jerarquización.

Para esta matriz se hicieron entrevistas con profesionales que están implicados o pertenecen al grupo de actores estudiado (ver apéndice H), y se les pidió su valoración con respecto a la jerarquización, sin embargo, no se logró hallar un representante para cada actor por lo que las posiciones de los demás actores se tomaron por el grupo de apoyo a la prospectiva teniendo en cuenta la misión u objetivos que cada actor tiene de forma individual.

Es importante aclarar que en el caso de la academia (ACAD) debido a su naturaleza y la del grupo GISEL, el equipo tomó la decisión de posicionarlo como competencia y sus respuestas de valoración en la jerarquización de los objetivos se tomaron teniendo en cuenta el beneficio propio del actor en cuestión.

### Figura 25

*Matriz de posiciones valoradas (2MAO)*

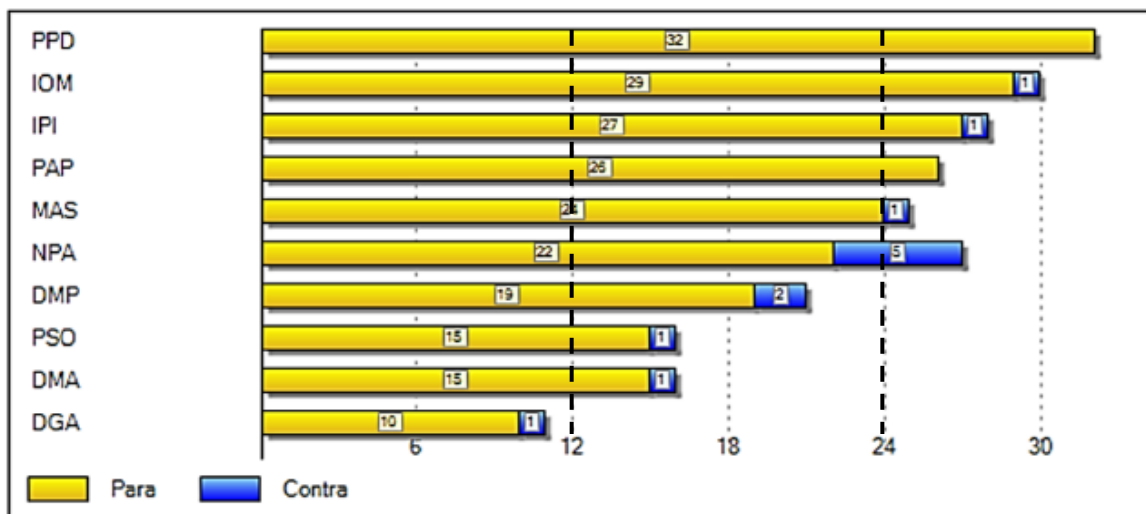
2MAO	DMP	PAP	DMA	DGA	NPA	PPD	IPI	PSO	MAS	IOM	Suma absoluta
ESTD	2	2	2	3	2	3	3	2	3	4	26
IND1	2	4	2	0	4	4	4	3	4	4	31
IND2	0	2	1	0	-3	1	2	-1	1	2	13
IND3	0	2	0	0	2	3	2	2	2	4	17
ACAD	-2	2	-1	-1	-2	3	-1	0	-1	-1	14
ESTV	4	3	2	0	3	3	4	2	2	4	27
PROF	4	3	3	2	3	3	3	2	2	3	28
DUIS	4	3	3	3	3	3	2	1	3	2	27
USEE	0	0	0	0	0	1	0	0	3	3	7
EINT	3	4	2	2	3	4	3	3	3	3	30
MECO	0	1	0	0	2	4	4	0	1	0	12
Número de acuerdos	19	26	15	10	22	32	27	15	24	29	
Número de desacuerdos	-2	0	-1	-1	-5	0	-1	-1	-1	-1	
Número de posiciones	21	26	16	11	27	32	28	16	25	30	

Esta matriz nos da una gran cantidad de información, si observamos la columna de suma absoluta podemos identificar que la industria 1 y las entidades internacionales asignaron las valoraciones más altas para los objetivos, lo que quiere decir que estos son acordes a sus intereses, algo que se debe mencionar es que la industria 1 aunque tiene la mayor valoración decidió ser indiferente ante el objetivo DGA, acción que fue compartida por las demás industrias, y en general, observando la fila del número de posiciones se nota que este objetivo generó mayor indiferencia.

Tomando el número de acuerdos y de posiciones presentes en la 2MAO se obtiene el histograma de implicación de actores de la figura 26, allí se identifican en amarillo el nivel de acuerdos y en azul el nivel de desacuerdos de los actores respecto a cada objetivo.

**Figura 26**

*Histograma de implicación de actores sobre objetivos 2MAO*



El objetivo con el mayor grado de compromiso es el PPD seguido de IOM y IPI, de estos, dos pertenecen a la apuesta de investigación e innovación por lo que se esperaría que en el corto plazo este campo de batalla consiguiera un apoyo significativo.

Con el fin de identificar de una forma más clara el grado de compromiso de los actores frente a los objetivos se realizó la división presente en la figura 26 y se construyó la tabla 12.

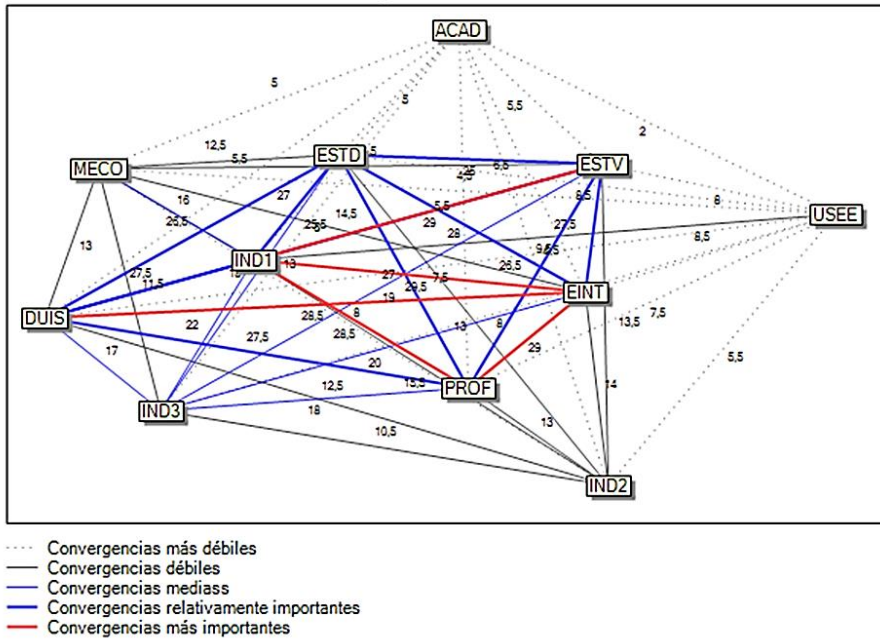
**Tabla 12***Nivel de compromiso de orden 2*

<b>Compromiso alto</b>	<b>Compromiso medio</b>	<b>Compromiso bajo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programar procesos de divulgación</li> <li>• Identificación de oportunidades de modernización</li> <li>• Incrementar publicaciones indexadas</li> <li>• Promover actividades de participación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar el aporte social</li> <li>• Numero de patentes adquiridas</li> <li>• Definir metas periódicas</li> <li>• Promover spin off</li> <li>• Destinar montos de adquisición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desempeño gestión administrativa</li> </ul>

Como se ve en la tabla 12 el objetivo DGA presenta un bajo grado de implicación de los actores, sin embargo al ver la naturaleza del objetivo podemos encontrar que este no necesita de una implicación de actores externos al grupo de investigación, ya que su funcionamiento se verá afectado únicamente por la participación de profesionales investigadores, directivas UIS y en menor medida de estudiantes vinculados, y si se observa la matriz 2MAO, estos actores indican una implicación media-alta para la aplicación del objetivo por lo que no se evidencia un problema significativo en su cumplimiento. Aunque algunos actores vean de igual forma los objetivos planteados, ya sea a favor o en contra lo que puede derivar en algunas alianzas y conflictos, no es sino hasta que se mide el grado de implicación que estas posibilidades toman peso, pues dos actores A y B pueden ver de la misma forma el objetivo C, pero con que uno de ellos no tenga interés en implicarse con el objetivo se debilita la posible alianza que se pudiera dar entre ellos, por esto, se muestran las figuras 27 y 28 en donde se identifican las convergencias y divergencias entre actores teniendo en cuenta tanto su posición como su intensidad con cada objetivo, lo que se conoce como relaciones indirectas.

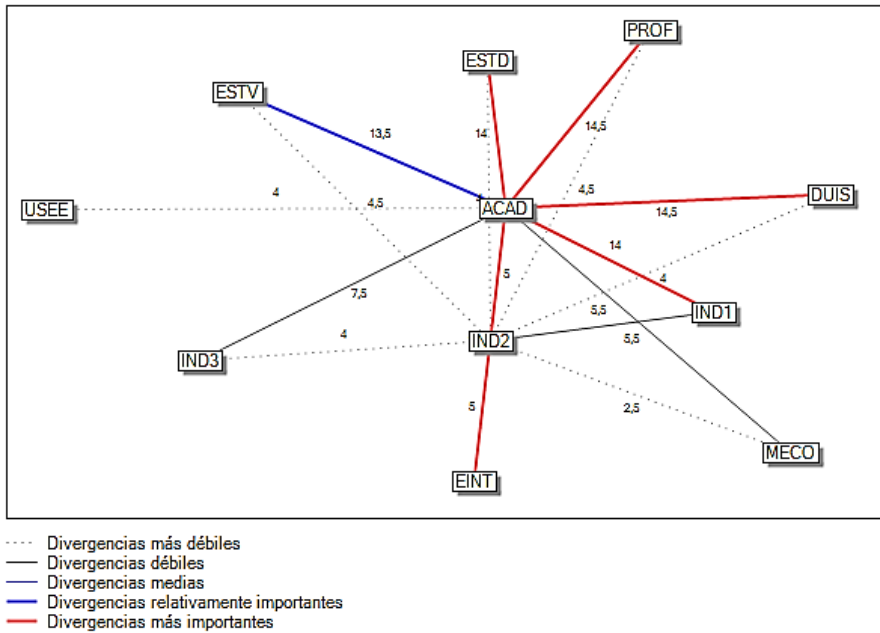
**Figura 27**

*Gráfico de convergencias entre actores de orden 2*



**Figura 28**

*Gráfico de divergências entre actores de orden 2*



En la figura 27 se identifican convergencias importantes entre los directivas de la UIS, los profesionales investigadores, la industria 1, los estudiantes vinculados y las entidades internacionales, por lo que se espera una colaboración mutua entre ellos, en comparación con la figura 24 se identifica un mayor nivel de implicación por parte de la industria 1 lo que va a permitir relaciones más fuertes con estudiantes vinculados y profesionales investigadores, por el contrario directivas UIS disminuye su nivel de convergencia con estudiantes vinculados y profesionales investigadores, yendo más de la mano con las entidades internacionales.

Por otra parte, en la figura 28 se sigue identificando a la academia como el único actor que podría generar un conflicto en el sistema si ejerce su posición como competidor del grupo GISEL. Por último, los usuarios de energía se presentan como un actor prácticamente excluido tanto de alianzas como de conflictos, lo que tiene sentido dada su indiferencia en la 2MAO con respecto a la mayoría de los objetivos propuestos.

Hasta este punto se han tenido en cuenta únicamente las posiciones particulares de cada actor frente a su posición ya sea de acuerdo o desacuerdo con los objetivos y su grado de compromiso, sin embargo, estas no se deben de observar de forma individual, pues un actor puede atacar o defender un objetivo imponiendo su juicio sobre otro actor, por lo que se plantea necesario un análisis de relaciones de fuerza entre actores.

### **9.5. Evaluar relaciones de fuerza**

Con el fin de evaluar la influencia y dependencia de los actores sobre si mismos se construye la matriz de influencias directas (MID), nuevamente con ayuda de los representantes de los actores y el equipo de apoyo a la prospectiva, que mediante las entrevistas expresaron según su criterio el nivel de influencia que su actor ejerce sobre los demás, de igual forma se les pidió valorar la influencia aparente de los demás actores sobre ellos, lo que se transformó en la matriz

cuadrada de actores por actores de la figura 29, en las ocasiones donde las respuestas diferían unas de otras se tuvieron en cuenta los motivos que cada actor dio a la hora de dar su valoración, y el equipo de apoyo asigno un mayor peso a la respuesta mejor estructurada.

### Figura 29

*Matriz de influencias directas (MID)*

MID	ESTD	IND1	IND2	IND3	ACAD	ESTV	PROF	DUIS	USEE	EINT	MECO
ESTD	0	4	2	3	3	2	2	2	4	1	1
IND1	3	0	2	3	3	3	2	2	4	0	1
IND2	2	1	0	3	2	1	2	2	1	0	1
IND3	3	3	3	0	2	1	2	1	3	0	1
ACAD	2	3	2	2	0	3	1	2	0	1	3
ESTV	1	1	1	1	3	0	3	3	2	0	3
PROF	1	1	1	1	2	4	0	3	0	0	2
DUIS	1	0	1	1	2	1	4	0	0	0	1
USEE	3	4	1	2	2	1	0	0	0	1	1
EINT	2	2	2	2	2	3	2	2	1	0	2
MECO	2	3	2	2	3	3	3	1	1	2	0

La matriz MID presenta las influencias directas entre pares de actores, sin embargo un actor A puede influir en un actor B mediante su influencia con un actor C que por sí mismo decide influenciar al actor B, esta sería una influencia indirecta, la cual se puede dar para todos los actores, en este sentido el software MACTOR toma la matriz MID y calcula la matriz MIDI integrando las influencias indirectas de orden 2, en otras palabras, adiciona a la matriz MID las influencias que cada actor ejerce a los demás tomando solo un actor de relevo, y así mismo, las influencias que se puede auto realizar mediante un actor de relevo, lo que se conoce como retroacción del actor y se identifica en la diagonal de la matriz.

**Figura 30**

*Matriz de influencias directas e indirectas (MIDI)*

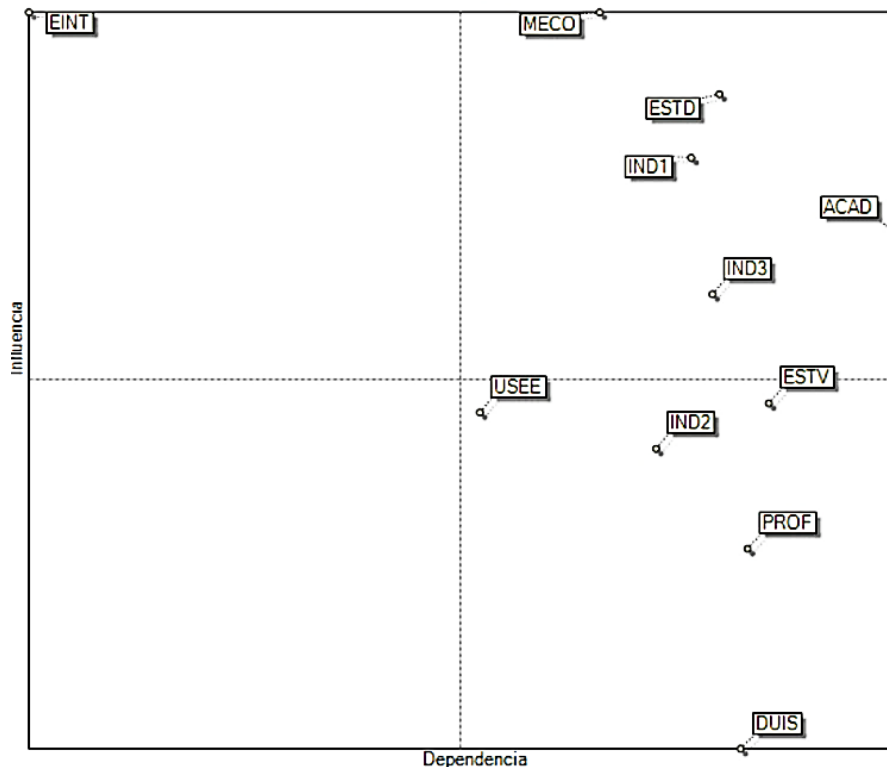
MIDI	ESTD	IND1	IND2	IND3	ACAD	ESTV	PROF	DUIS	USEE	EINT	MECO	Ii
ESTD	18	19	15	17	20	16	15	15	16	4	14	151
IND1	17	17	14	16	20	15	15	15	14	4	14	144
IND2	13	12	13	13	14	12	12	12	9	4	11	112
IND3	17	15	14	17	17	14	12	13	12	4	11	129
ACAD	15	14	14	15	19	16	18	15	12	4	13	136
ESTV	12	13	11	12	16	15	14	13	7	5	14	117
PROF	10	9	10	10	13	13	13	13	7	4	12	101
DUIS	8	8	8	8	9	11	10	10	5	3	9	79
USEE	14	15	12	14	14	12	11	11	13	4	9	116
EINT	16	14	16	16	20	17	18	17	11	5	15	160
MECO	17	16	16	17	21	20	18	18	12	5	16	160
Di	139	135	130	138	164	146	143	142	105	41	122	1405

© LPSOR-EPITA/MACTOR

Con base en la matriz MIDI el software MACTOR crea el plano de influencias y dependencias entre actores de la figura 30 separándolos en cuatro cuadrantes.

**Figura 31**

*Plano de influencias y dependencias entre actores*



Teniendo en cuenta los resultados de la figura 31 y según la división por cuadrantes de Godet (2007) los grupos de interés se dividen de la siguiente manera:

- **Dominantes:** Entidades internacionales
- **De enlace:** Medios de comunicación, estado, industria 1, academia, industria 3.
- **Dominados:** Directivas UIS, usuarios de energía, industria 2, estudiantes vinculados, profesores.

El plano de influencias y dependencias se puede relacionar a su vez con el histograma de relaciones de fuerza MIDI presente en la figura 33, en este se observa que el grupo de interés con mayor poder es EINT sin embargo este es un actor dominante como lo vemos en la figura 31 lo que significa que es muy poco dependiente de los demás actores, en otras palabras, se requiere una gran cantidad de esfuerzos por parte de todos los actores para obtener un cambio mínimo sobre las decisiones de este actor, por lo que el grupo de investigación no debería priorizarlo pero si estar pendiente de él; por otra parte, medios de comunicación, estado, industria 1 y academia son actores de enlace y los siguientes en cuanto a fuerza en el sistema, por lo que podrían ser el foco de los esfuerzos, seguidos por industria 3 que aunque presenta una diferencia significativa en cuanto a su fuerza sobre el sistema continúa siendo un actor de enlace siendo susceptible a ser influenciado.

Si se toma la influencia de un actor A frente a un actor B y se resta la dependencia entre sí, ósea las influencias de B sobre A, se obtiene el balance neto de A sobre B que indica la influencia de más ejercida o recibida por B, si este valor es positivo quiere decir que A ejerce más influencia directa e indirecta sobre B que la que reside de él, la situación inversa si es negativo; MACTOR realiza esta operación para cada pareja de actores y la presenta en la matriz BN.

**Figura 32***Balanza neta de influencias (BN)*

BN	ESTD	IND1	IND2	IND3	ACAD	ESTV	PROF	DUIS	USEE	EINT	MECO	Suma
ESTD		2	2	0	5	4	5	7	2	-12	-3	12
IND1	-2		2	1	6	2	6	7	-1	-10	-2	9
IND2	-2	-2		-1	0	1	2	4	-3	-12	-5	-18
IND3	0	-1	1		2	2	2	5	-2	-12	-6	-9
ACAD	-5	-6	0	-2		0	5	6	-2	-16	-8	-28
ESTV	-4	-2	-1	-2	0		1	2	-5	-12	-6	-29
PROF	-5	-6	-2	-2	-5	-1		3	-4	-14	-6	-42
DUIS	-7	-7	-4	-5	-6	-2	-3		-6	-14	-9	-63
USEE	-2	1	3	2	2	5	4	6		-7	-3	11
EINT	12	10	12	12	16	12	14	14	7		10	119
MECO	3	2	5	6	8	6	6	9	3	-10		38

© LIPSOR-EPITAMACTOR

Entre los grupos de interés que más pueden imponer su influencia tenemos a las entidades internacionales y los medios de comunicación con gran diferencia frente a los demás; esto tiene sentido ya que las entidades internacionales muy poca información toman de Colombia, en otras palabras, se basan en comportamientos de países con economías más desarrolladas; los medios de comunicación especializados por su lado, solo contribuyen difundiendo información y esta les llega de múltiples fuentes, por lo tanto, el comportamiento general es que diversos actores lleguen a ellos en busca de reconocimiento por lo que este actor impone sus condiciones para prestar su servicio de comunicación; el estado, la industria 1 y los usuarios también tienen una influencia positiva, pero con una puntuación distante de las mencionadas anteriormente; en el caso del estado, aunque si recibe información de cada parte, al final es el encargado de dictar la normativa nacional, por lo que la mayoría de los demás actores se ven obligados a cumplir las especificaciones establecidas; la industria 1 a su vez, es referente para muchos de los demás actores, pues al ser un panorama investigativo que recae sobre ellos no es de extrañar que posean un poder de influencia de carácter dominante; por último, los usuarios de energía eléctrica son el foco final de todo el

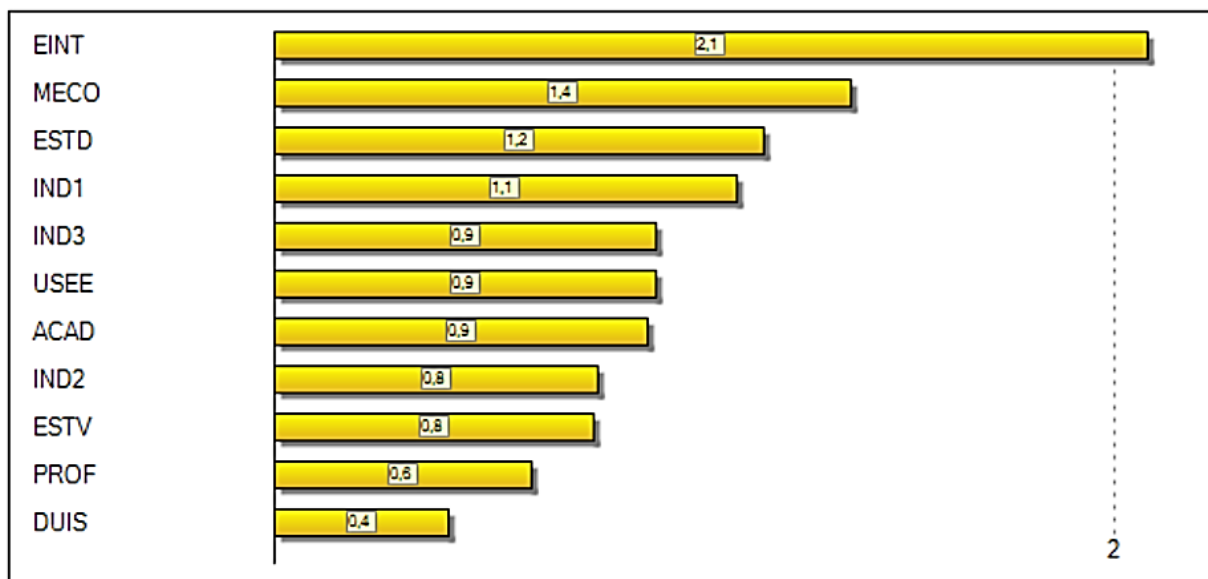
sistema, por lo que, aun sin ser actores que se relacionen de forma visiblemente directa con los demás, toman bastante peso en cuanto a las influencias indirectas.

También vemos que los grupos de interés cuyo objetivo está directamente relacionado con la creación de conocimiento como los profesionales investigadores, los estudiantes, los directivos de la UIS y la academia son muy susceptibles a ser influenciados; esto tiene sentido ya que su campo de acción recae sobre el estudio de los actores mencionados en el párrafo anterior; Por otro lado, las industrias 2 y 3 también tienen una puntuación negativa, esto se puede entender ya que estas no tienen un contacto fuerte con la mayoría de actores y de forma general se visualizan como proveedores de materia prima para la industria 1.

Para sintetizar la información ya mencionada, el software MACTOR calcula un coeficiente de relación de fuerza normalizado teniendo en cuenta las influencias y dependencias de cada actor, en este sentido, un coeficiente con valor 1 correspondería a la fuerza media del sistema estudiado; con estos coeficientes se construye el histograma de la figura 33.

### Figura 33

*Histograma de relaciones de fuerza MIDI*

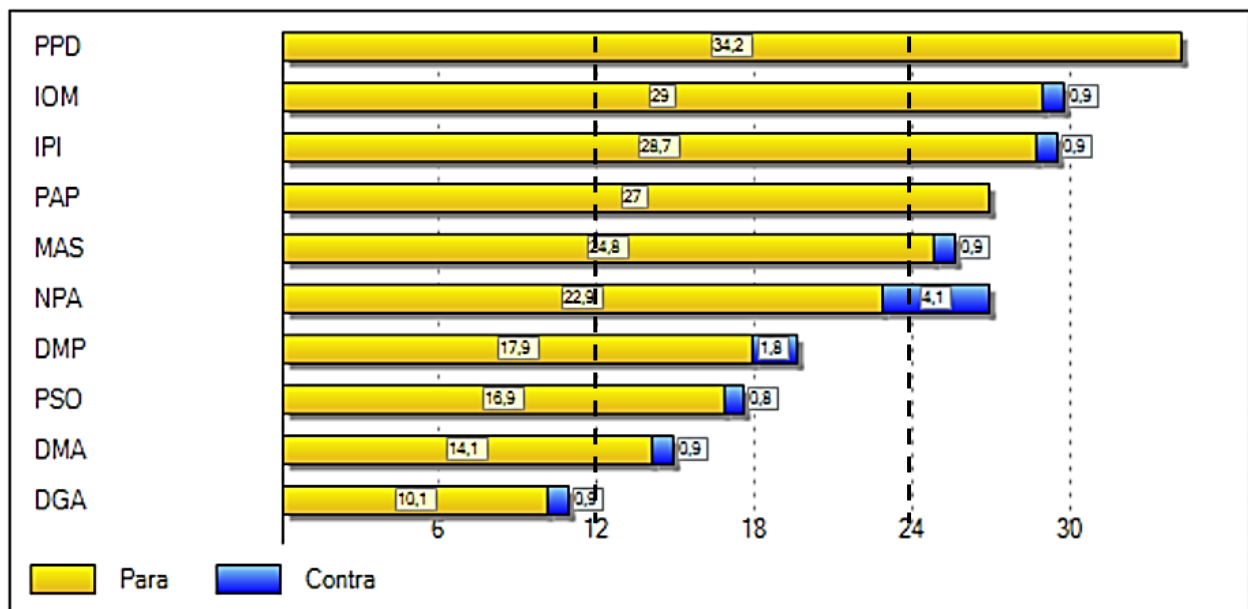


Como se tenía descrito, entidades internacionales, medios de comunicación, el estado y la industria 1 son los grupos de interés más fuertes, sin embargo, al observar el coeficiente de fuerza podemos notar que las entidades internacionales superan con gran diferencia a los demás, llegando a doblar la relación media, lo que permite pensar que una implicación de este actor frente a imponer su juicio sobre un tema en particular podría cambiar significativamente las interacciones que se den sobre el sistema de estudio.

Teniendo en cuenta estas relaciones de fuerza, el histograma de la figura 34 presenta la posible movilización que se puede generar en cuanto a la implicación de los actores sobre los objetivos ponderando las influencias de tercer orden, estas salen de la matriz de relaciones valoradas ponderadas (3MAO) que resulta de la multiplicación de la matriz que contiene los coeficientes de fuerza y la matriz 2MAO.

**Figura 34**

*Histograma de la movilización de los actores sobre los objetivos (3MAO)*



Se evidencia una leve movilización del objetivo “programar procesos de divulgación” que al igual que en la figura 26 es el de mayor implicación, sin embargo, aumento un poco su valor de compromiso; nuevamente se realiza una tabla explicativa con la movilización de los objetivos.

**Tabla 13**

*Movilización de actores sobre objetivos*

Capacidad alta	Capacidad media	Capacidad baja
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programar procesos de divulgación</li> <li>• Identificación de oportunidades de modernización</li> <li>• Incrementar publicaciones indexadas</li> <li>• Promover actividades de participación</li> <li>• Mejorar el aporte social</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Numero de patentes adquiridas</li> <li>• Definir metas periódicas</li> <li>• Promover spin off</li> <li>• Destinar montos de adquisición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desempeño gestión administrativa</li> </ul>

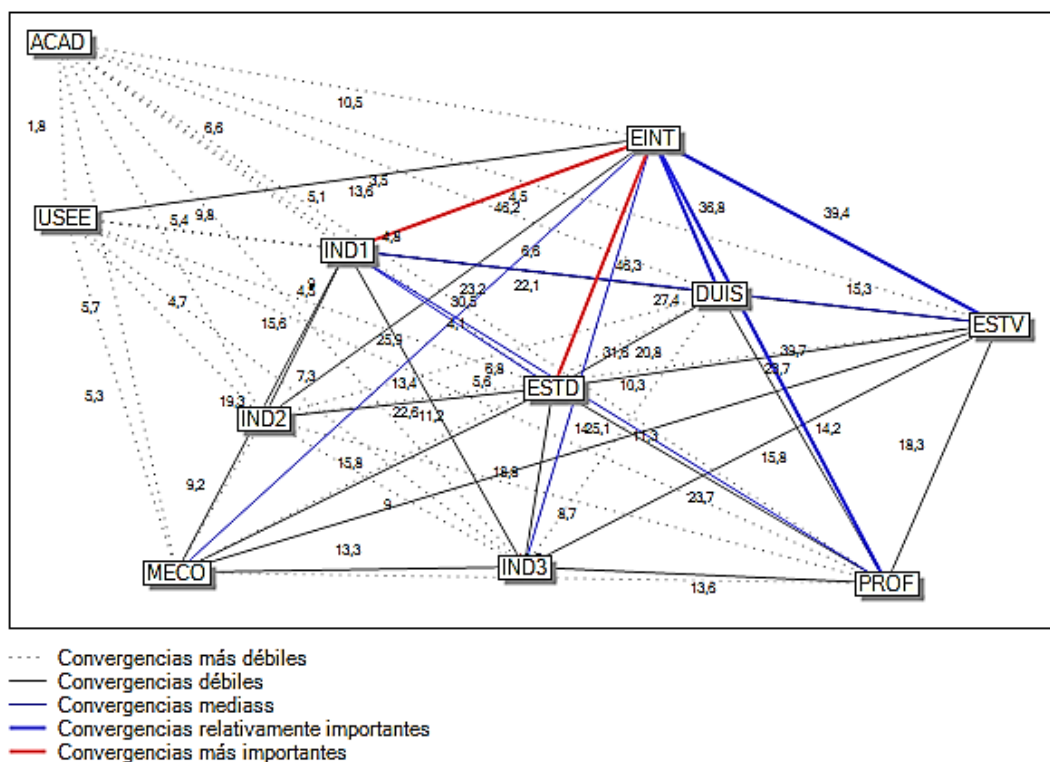
En la tabla de movilización de actores sobre objetivos se evidencia una capacidad alta para el objetivo “mejorar el aporte social”, el cual en la figura 26 mostraba un nivel de implicación medio, esto permite intuir que la influencia de actores fuertes sobre los demás actores puede propiciar la realización de este objetivo en un menor tiempo que si cada actor se implica en el objetivo de forma individual.

A nivel general los objetivos sufrieron un aumento en su capacidad de implicación a excepción de “definir metas periódicas” y “destinar montos de adquisición” que sufrieron una pérdida de capacidad, estos objetivos se encuentran directamente relacionados con la apuesta de gestión administrativa y su comportamiento se puede deber a una influencia de los grupos de interés industria 1, industria 2 y academia; la industria 1 expone una relación de fuerza mayor a la media como se vio en el histograma de relaciones de fuerza y muestra convergencias fuertes con diversos actores como se ve en la figura 35, por lo que si se presentasen alianzas con este actor, se podría generar un aura de indiferencia hacia los objetivos; de forma similar puede ocurrir con la

industria 2 y la academia, esta última pudiendo ser aún más perjudicial, llegando a generar rechazo, puesto que su posición en la 2MAO fue negativa respecto a estos mismos objetivos.

**Figura 35**

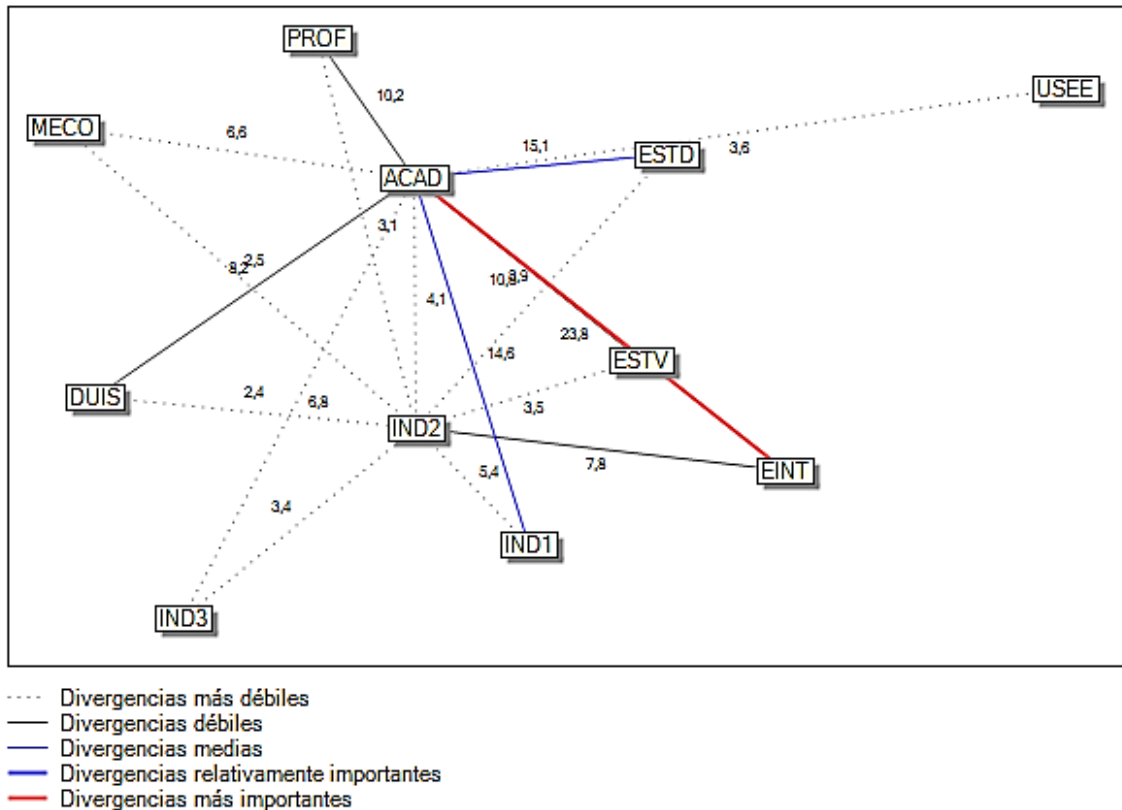
*Gráfico de convergencias entre actores de orden 3*



La relación entre las entidades internacionales y la industria 1 es la más fuerte, pues no ha presentado cambios en los gráficos de convergencia, en la figura 36 se rescata la convergencia fuerte entre las entidades internacionales y el estado, aunque, por el contrario, se debilita con los profesionales investigadores y las directivas UIS; Por otro lado, los grupos de interés estudiantes vinculados, profesionales investigadores y directivas UIS, que desde el inicio dictaron unos niveles de convergencia importantes, una vez ejercida la fuerza de los demás actores sobre ellos, manifiestan perder su intencionalidad, presentando niveles muy bajos de convergencia.

**Figura 36**

*Gráfico de divergencias entre actores de orden 3*



Como es habitual en los demás gráficos de convergencia, la academia sigue siendo el actor más conflictivo, sin embargo, si observamos las divergencias de segundo y tercer orden, podríamos intuir que otro posible actor conflictivo sería la industria 2, quien presenta divergencias débiles con la industria 1 y las entidades internacionales.

## 9.6. Formulación de hipótesis

Cómo el objetivo principal del uso del Software MACTOR es reconocer las estrategias para cada actor, pues en este se logra entender la relación de los actores entre sí y entre los objetivos, en esta fase, se exhiben los resultados y las hipótesis resultantes del juego de actores y se plantean recomendaciones a seguir por parte del grupo GISEL en pro de mejorar las relaciones con los grupos de interés y facilitar la realización de los objetivos que este se plantea.

De cara a los resultados de las posiciones de los actores sobre los objetivos se construye la tabla 14, en esta se evidencia una relación de objetivos con un alto nivel de realización con las apuestas estratégicas “impacto en el medio”, “investigación e innovación” y “extensión”, se podría pensar que estas apuestas tendrán buen acompañamiento en el corto plazo, y el grupo GISEL debe entonces procurar que se mantenga el interés de los actores hacia los objetivos relacionados para obtener buenos resultados al finalizar el horizonte de 8 años.

**Tabla 14**

*Tabla de compromiso y capacidad*

	<b>Compromiso de los actores para llevar a cabo los objetivos</b>	<b>Capacidad de los actores para actuar sobre los objetivos</b>
<b>Alto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programar procesos de divulgación</li> <li>• Identificación de oportunidades de modernización</li> <li>• Incrementar publicaciones indexadas</li> <li>• Promover actividades de participación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programar procesos de divulgación</li> <li>• Identificación de oportunidades de modernización</li> <li>• Incrementar publicaciones indexadas</li> <li>• Promover actividades de participación</li> <li>• Mejorar el aporte social</li> </ul>
<b>Medio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar el aporte social</li> <li>• Numero de patentes adquiridas</li> <li>• Definir metas periódicas</li> <li>• Promover spin off</li> <li>• Destinar montos de adquisición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Numero de patentes adquiridas</li> <li>• Definir metas periódicas</li> <li>• Promover spin off</li> <li>• Destinar montos de adquisición</li> </ul>
<b>Bajo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desempeño administrativa gestión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desempeño administrativa gestión</li> </ul>

Se evidencia también un interés medio por objetivos de cada una de las apuestas estratégicas, para este caso, el grupo de investigación debe identificar estrategias precisas para los actores clave en el desarrollo de esos objetivos viéndolos de forma individual, pues no todos los grupos de interés deben tomar un papel activo en todos los objetivos; para el objetivo “definir

metas periódicas” el grupo de interés más relevante es profesionales investigadores, pues son los que definen la dirección del grupo, por lo que son estos los que deben incentivar el objetivo y generar discusión para establecer las metas que se van a presupuestar, sin embargo, actores como directivas UIS y estudiantes vinculados pueden aportar a estas discusiones aunque de una forma más pasiva, si tenemos esto en cuenta, el panorama del objetivo es optimista, ya que los tres actores mencionados indicaron en la matriz 2MAO un interés muy alto por su ejecución; el objetivo “destinar montos de adquisición” presenta el mismo panorama de actores clave que el objetivo “definir metas periódicas” sin embargo el horizonte de este objetivo aunque se puede considerar optimista es un poco más conflictivo teniendo en cuenta que los tres actores implicados presentaron valoraciones medias en la matriz 2MAO, por lo que en un escenario de largo plazo su implicación puede verse afectada, el grupo de investigación debe entonces propiciar el desarrollo de este objetivo por parte de los profesionales investigadores y de garantizar su cumplimiento con la implicación de los tres actores; en el caso del objetivo “numero de patentes adquiridas” los actores clave cambian, las patentes se generan por trabajos de investigación y estos pueden darse tanto de trabajos individuales al interior de la universidad como de alianzas ya sea con la industria o con otros centros de investigación, en este sentido el objetivo debe ser liderado por profesionales investigadores y estudiantes vinculados con la participación de la industria 1, industria 2, industria 3 y la academia para cada caso particular, este objetivo es un poco más complejo, si se observa la 2MAO las valoraciones de los grupos de interés son variadas, los dos actores principales (PROF y ESTV) dieron una valoración medio-alta para la ejecución del objetivo, estos actores deben liderar la realización del mismo, en este sentido, y aunque los demás actores son todos importantes, el grupo debería apoyarse principalmente con la industria 1 ya que este actor indica una valoración alta en su compromiso con la realización del objetivo, además, según el histograma de la figura

33, es el más fuerte entre los actores de apoyo (IND1, IND2, IND3 y ACAD) y es un actor de enlace por lo tanto es susceptible a recibir influencias, otros actores de enlace son la industria 3 y la academia, en un primer instante la industria 3 puede mostrarse atraído por este objetivo pues su valoración hacia él fue media, el grupo GISEL debe aprovechar esta oportunidad y fortalecer la motivación del actor, para garantizar un acompañamiento de este en el largo plazo; por otro lado la academia y la industria 2 se presentan conflictos con el objetivo tomando sus valoraciones de la 2MAO, el grupo de investigación podría crear estrategias para que se visibilicen los beneficios para estos actores de su implicación con el objetivo teniendo en cuenta que estos son influenciables como se identifica en el plano de la figura 31, lo que podría cambiar su perspectiva frente al objetivo, sin embargo, teniendo en cuenta que los esfuerzos del grupo GISEL son limitados, este debería enfocarse más en la industria 1 y la industria 3.

Para el objetivo “promover spin off” los actores clave serían los estudiantes vinculados, los profesionales investigadores y las directivas UIS, el escenario para este objetivo es un poco pesimista, pues aunque la mayoría de grupos de interés se muestran interesados, su implicación no es muy alta lo que se relaciona de forma directa con la falta de normativa institucional frente a este tipo de iniciativas, en este sentido, si el GISEL quiere tener resultados satisfactorios frente al objetivo debe motivar a las directivas UIS a tomar un papel más activo, generando una normativa clara y atractiva para los demás grupos de interés.

Por último, se evidencia un interés muy bajo por el objetivo “desempeño gestión administrativa”, el actor clave en este son los profesionales investigadores quienes expusieron un compromiso medio con la realización de este, por lo que a primera instancia se presenta un escenario muy pesimista, con alta probabilidad de ser olvidado en el largo plazo. se recomienda al

GISEL no dejar de lado este objetivo teniendo en cuenta que la parte administrativa se identificó como un limitante en las discusiones con los profesionales investigadores del grupo.

Con respecto a los actores de forma individual se obtuvieron los siguientes resultados:

**Directivas UIS:** Presenta convergencias importantes con profesionales investigadores y estudiantes vinculados en las relaciones de primer orden, lo que quiere decir que su intencionalidad está muy relacionada, sin embargo, estas relaciones se van perdiendo al momento de valorar su nivel de implicación, esto deriva en una pérdida casi total del rumbo o de la posible alianza que se pudiera generar entre ellos, lo que se evidencia en la gráfica de convergencias de tercer orden, donde se nota una convergencia muy débil, el GISEL conformado por profesionales investigadores y estudiantes vinculados debe fortalecer su unión con las directivas UIS, que aunque se muestra como el actor con menor fuerza en el sistema según el histograma de la figura 33 sigue siendo el primer eslabón de la universidad y puede convertirse en un motor que favorezca el crecimiento del grupo de investigación; de forma directa, como se identificó en el análisis de objetivos, es este actor el que puede generar el escenario favorable para la creación de spin off dentro de la universidad, lo que ayudaría al grupo a impulsar la apuesta estratégica “impacto en el medio”, un punto a favor en este caso, es la fuerte convergencia que existe entre directivas UIS y los actores estado y entidades internacionales, esto es bueno ya que estos dos últimos tienen definida una estructura clara en materia de spin off de la cual las directivas UIS pueden apoyarse para la creación de la normativa institucional.

**Profesionales vinculados:** Uno de los dos actores que conforman el GISEL y como se mencionó anteriormente, el encargado de direccionar el grupo. Este actor muestra convergencias fuertes con entidades internacionales, directivas UIS, el estado, estudiantes vinculados y la industria 1 según la gráfica de convergencias valoradas, aunque en la figura 35 de tercer orden

prácticamente se pierden esas convergencias, quedando únicamente una relación fuerte con las entidades internacionales, esto es bueno en el sentido de que los profesionales van muy de la mano con prácticas internacionales, sin embargo, al ser el motor del GISEL deberían de mantener los vínculos fuertes con todos los actores del sistema, en especial los estudiantes vinculados, las industrias y la academia, pues son estos los actores que más se relacionan con su misión; en el sistema estudiado se posiciona como un actor débil, perteneciendo al grupo de los dominados como se ve en el plano de la figura 31, y presentando una relación de fuerza muy por debajo de la media (figura 33); esta situación debe mejorar para lograr que el GISEL sea conocido como uno de los grupos de investigación con mayor influencia a nivel nacional, esto debido a que es el actor más imponente dentro del grupo de investigación, teniendo en cuenta que es estable en el largo plazo, a diferencia de los estudiantes vinculados quienes permanecen solo por periodos relativamente cortos; lograr una posición mayor de poder mejoraría las oportunidades de crecimiento del grupo, esto debido a las mayores oportunidades de investigación conjunta con el sector, el aumento de los contratos de extensión, reconocimiento nacional y posibles oportunidades de participación o influencia en cambios estructurales del sistema.

#### **Estudiantes vinculados:**

Es el segundo grupo de interés que conforma el GISEL, como se mencionó anteriormente, presenta convergencias con directivas UIS y con profesionales investigadores las cuales se deben fortalecer, en especial con los profesionales investigadores que son los profesores que manejan la dirección del grupo y con los cuales se tiene un contacto directo más frecuente, por otra parte, se presentan convergencias con el estado, industria 1 y entidades internacionales; se evidenció durante las entrevistas una fuerte influencia del estado y las entidades internacionales sobre los estudiantes sobre todo como fuente de partida para sus investigaciones y delimitando el campo de

acción con la normatividad, sin embargo, hay una oportunidad de integración de los estudiantes con las entidades del estado que no se ha aprovechado lo suficiente, el grupo de investigación debe buscar la forma de fortalecer los lazos con este actor y encontrar formas de participación más activa en todo el sistema de normatividad, pues por lo menos en términos de intencionalidad se presenta un interés de colaboración por parte del estado; la industria 1 es el grupo de interés con el que más se relacionan los estudiantes, presentan convergencias importantes tanto en intencionalidad como en compromiso y no se nota una reducción muy brusca en las ponderaciones de tercer orden, por lo que se espera que se sigan dando oportunidades de alianza y colaboración entre estos actores; por el contrario, se presentan convergencias muy débiles con la industria 2 y la industria 3 lo que se refleja en un distanciamiento entre estos actores, los estudiantes vinculados al GISEL podrían fortalecer las relaciones con la industria 3, pues esta al estar en un negocio de alto riesgo se presenta muy receptiva a nuevas tecnologías lo que habilita una oportunidad de acercamiento.

En el sistema estudiado los estudiantes vinculados pertenecen al grupo de los dominados y tienen un coeficiente de fuerza por debajo del promedio lo que los clasifica como un actor débil, sin embargo, tienen un gran potencial para aumentar su nivel de fuerza, pues son estos estudiantes los que con sus trabajos y prácticas están más cerca de los demás actores, y aunque individualmente respecto al grupo GISEL son actores de tránsito, pueden generar aportes que beneficien al grupo y perduren en el mediano y largo plazo.

### **Industria 1:**

Es un actor con alto grado de influencia y alto grado de dependencia, esto lo sitúa en el cuadrante de los actores de enlace, además, tiene un coeficiente de fuerza superior a la media por lo que se denomina como un actor fuerte en el sistema estudiado, esto lo vuelve clave para el grupo

GISEL; presenta intencionalidades muy similares con el estado, estudiantes vinculados, profesionales investigadores, directivas UIS y entidades internacionales, las cuales se ven reforzadas con su grado de compromiso, por lo que se esperan alianzas significativas entre estos grupos de interés, sin embargo, en la gráfica de tercer orden se presenta una pérdida de convergencias con directivas UIS debido a su coeficiente de fuerza, en otras palabras, esta convergencia se puede ver afectada por influencias externas lo que debilita la alianza entre los actores; un punto positivo es que la industria 1 trabaja muy de la mano con el estado y aunque se vea obligada a cumplir la normatividad que este le impone, es la misma industria quien solicita la regulación por lo que son muy pocas las ocasiones en las que se genera un conflicto; por otro lado, se espera una fuerte relación de la industria 1 con las entidades internacionales, esto debido a que el sistema eléctrico Colombiano al igual que el del resto del mundo se encuentra en un periodo de transición hacia fuentes menos contaminantes y más eficientes, por lo cual, actores como las entidades internacionales son fuentes de información clave para que la industria 1 se mantenga en un proceso de desarrollo y evolución conforme a la vanguardia internacional.

El actor presenta relaciones de intencionalidad de nivel medio con las demás industrias, las cuales se debilitan con el grado de compromiso, por lo que a simple vista no se esperaría una alianza muy fuerte entre todos los niveles de la industria, en este sentido, el grupo de investigación podría aprovechar que tiene buenas relaciones con la industria 1 e intentar fortalecer las convergencias entre esta y las demás industrias teniendo en cuenta que la industria 1 es la que presenta una mayor posición de fuerza entre las tres, esto sería bueno para GISEL ya que podría generar proyectos de investigación que involucren a todos los niveles de la industria y generen un impacto mayor sobre el sistema.

Durante las entrevistas desarrolladas se encontró que existe un prejuicio generalizado a nivel nacional por parte de algunos profesionales tanto de la industria como de la parte educativa hacia sus contrapartes, que se fundamenta en el hecho de que para el profesional de la industria el académico no puede generar aportes ya que no conoce los problemas reales del sistema y para el profesional de la academia el de la industria esta encapsulado en su contexto y no puede ver el panorama general, el grupo GISEL debe evitar a toda costa caer en este prejuicio ya que esto solo ocasiona una pérdida de alianzas o de oportunidades de mejora mutua entre partes, y más bien aprovechar la oportunidad que se presenta por parte de este actor a trabajar en conjunto siempre y cuando se sepa comunicar el aporte adicional que genera el grupo de investigación.

### **Industria 2:**

Se posiciona como un actor que pertenece a los dominados, con un coeficiente de fuerza por debajo de la media lo que lo sitúa como un actor débil, adicionalmente no presenta relaciones de convergencia fuertes con los demás actores por lo que en un mediano plazo solo generaría alianzas débiles con la industria 1, el estado y las entidades internacionales; este actor se presenta un poco distante con el sistema estudiado para el grupo GISEL, llegando incluso a tener posiciones de conflicto con algunos objetivos, las cuales se entienden desde el ámbito internacional en donde a nivel general las patentes pueden generar retrasos para las mejoras sobre tecnologías previamente registradas, y en un mundo globalizado, la industria tecnológica se ve obligada a estar a la vanguardia para ser competitiva, por otra parte, el costo para el uso comercial de patentes es elevado y cuando se espera sacar el mayor beneficio económico posible, se vuelve problemático que nuevas patentes reduzcan el uso de patentes previamente adquiridas, en este sentido, el grupo GISEL podría disminuir este conflicto mediante trabajos conjuntos con la industria 2, en donde estos puedan tener participación en la creación parcial o total de las patentes y de este modo no

incurran en costos adicionales por el uso de las mismas, en esa misma línea, se podrían crear estrategias de comunicación que permitan cambiar el panorama a uno en donde la industria 2 vea al grupo de investigación como un aliado que puede contribuir en la realización de sus objetivos misionales.

### **Industria 3:**

Es otro de los actores que se encuentra en el cuadrante de enlace por su participación y flexibilidad, tiene un coeficiente de fuerza por debajo de la media, sin embargo, se posiciona como el quinto más fuerte en el sistema estudiado y a nivel nacional es un actor que contribuye al desarrollo no solo desde su actividad económica sino también con su aporte significativo en las rentas del país.

Es un grupo de interés que no presenta convergencias fuertes en los gráficos, solo algunas pocas convergencias medias y débiles, entre estas destaca la permanencia de las entidades internacionales, el estado y los profesionales investigadores, desde la intencionalidad aparecen relaciones con estudiantes y directivas UIS, sin embargo estas se pierden en las gráficas de tercer orden, esto tiene sentido teniendo en cuenta la fugacidad de los estudiantes y la percepción de desconexión entre las directivas y la industria, por otra parte, hay una aparición de convergencias de segundo orden con la industria 1 y los medios de comunicación, la cual permanece en las gráficas de tercer orden, esto es congruente puesto que la industria 1 y 3 están encadenadas y comparten objetivos, así mismo, la industria 3 al ser una industria de alto riesgo es muy receptiva a nuevas tecnologías lo que se relaciona con los medios de comunicación especializados; Se identificó una desconexión de la industria 3 con la parte educativa incluyendo el grupo GISEL debido a sus objetivos individuales, esto se debe a que mientras la industria busca solucionar problemas reales de su entorno, la academia en muchas ocasiones se enfoca más en la publicación

de papers y ganar reconocimiento lo que distrae el aporte real que es el motivo por el que la industria abre las puertas al trabajo colaborativo; teniendo todo esto en cuenta, el grupo de investigación tiene la posibilidad de fortalecer las relaciones con este grupo de interés, ya que se encuentra muy abierto a oportunidades de mejora y además tiene la capacidad adquisitiva para obtenerlas, esto se lograría siempre y cuando el GISEL deje bien claro el beneficio que obtendría la industria 3 con cada proyecto que se realice, el cual debe ir más allá de simples agradecimientos en publicaciones.

### **Academia:**

Se encuentra en la zona de enlace lo cual lo vuelve un actor clave, también es el actor más conflictivo del sistema de estudio debido a sus divergencias con los demás actores, cabe mencionar como ya se había hecho con antelación que este actor se presentó como un competidor directo de GISEL ya que comprende demás instituciones educativas y centros de investigación, por lo cual no es de extrañar este tipo de conflictos, sin embargo, la Universidad Industrial de Santander al ser una de las mejores universidades del país cuenta con muy buenas relaciones con sus pares, del mismo modo sucede con el grupo de investigación GISEL el cual ha logrado establecer muy buenas relaciones con grupos de investigación tanto nacionales como internacionales, con esto claro, el estudio de la academia consiste más que todo en deslumbrar lo conflictivo que sería para el grupo de investigación el aislarse académicamente de su entorno, pues como vemos, los demás entes que conforman la academia tienen un peso alto en el sistema, con un coeficiente de fuerza muy cercano a la media este actor puede presentar conflictos con la mayoría de grupos de interés del GISEL lo que puede perjudicar la realización de los objetivos que este se plantee.

El grupo de investigación debe sacar provecho del reconocimiento que tiene actualmente, así como de las relaciones que ha logrado establecer con la comunidad científica para continuar

trabajando de forma armónica con la academia lo que indudablemente traerá beneficios no solo al sistema eléctrico colombiano sino también al grupo de investigación quien con cada trabajo colaborativo tendrá la oportunidad de aprender de sus pares académicos e incorporar las mejores prácticas que logre identificar para la construcción de un grupo de investigación más sólido y comprometido con el avance.

#### **Medios de comunicación:**

Es el segundo actor más fuerte del sistema según su coeficiente de fuerza, aunque, a pesar de estar en la zona de enlace por su comportamiento de influencia y dependencia tiene una posición indiferente con respecto a la mayoría de los objetivos, esto no es de extrañar pues al ser un actor independiente cuya misión se centra en la divulgación imparcial, no puede involucrarse de forma especial; a pesar de lo anterior presenta convergencias medias con la industria 1 y las entidades internacionales, importantes con directivas UIS, estudiantes vinculados, profesionales vinculados y se espera que se sigan manteniendo hacia el futuro, de hecho para el grupo es viable seguir colaborando con este actor, pues podría facilitarle la divulgación de los servicios ofrecidos, los logros alcanzados como resultado de investigaciones, invención de productos, extensiones, entre otros, y así visualizar un impacto mayor en la región, lo que contribuiría en el llamado para animar hacia el trabajo conjunto.

#### **Entidades internacionales:**

Este actor se presenta muy influyente y nada dependiente, situándolo como un actor dominante el cual posee el coeficiente de fuerza mayor del sistema estudiado, estas entidades para el desarrollo de su misión se basan en investigaciones llevadas a cabo con los países miembros y no en un solo estado, por eso tiene el poder de influir sobre los demás pero no depender en gran medida de ellos, por ello, no se considera un actor clave para el grupo GISEL, sin embargo, este

actor presenta intenciones fuertes de relación con los actores del estado, directivas UIS, profesionales vinculados, y convergencias un poco más bajas con las industrias 1, 2 y 3, es importante destacar que dichas relaciones se mantienen al momento de revisar el nivel de implicación lo que conlleva a posibles alianzas fuertes con dichos actores en el futuro, también presenta favorabilidad con respecto a todos los objetivos, ya es en el momento de mirar el nivel de implicación que se evidencia que tiene un alto compromiso especialmente con los objetivos promover actividades de participación y promover procesos de divulgación. Si bien estos objetivos están más enfocados con la divulgación también lo están en busca de la transferencia de conocimiento en dichas actividades, es decir, no solo tienen interés con Gisel sino con todos los actores pues de hecho en el histograma de implicación de actores sobre objetivos 2MAO se puede notar que son los objetivos de más alto compromiso de realización, por lo que se visualiza que puede existir fuertes vínculos en el corto plazo con los demás actores.

**El estado:**

Debido a su misión sin lugar a duda es un actor de gran importancia, si bien es dependiente también es muy influyente lo cual lo sitúa como un actor de enlace con un coeficiente de fuerza superior a la media, intencionalmente converge fuerte con entidades internacionales, lo cual tiene sentido ya que como se ha mencionado anteriormente, el estado colombiano está siempre atento a escuchar y analizar lo que estas entidades ofrecen, siendo por lo general las referentes para la normatividad pública que se aplica a nivel nacional, además según las ponderaciones de tercer orden se prevé que estas relaciones con las entidades internacionales se mantengan en el futuro. De forma similar también presenta fuerte intencionalidad común con las directivas UIS, profesionales vinculados y estudiantes vinculados lo cual también se entiende pues es deber del estado el promover el desarrollo de las instituciones, como se señalado en varias ocasiones, para GISEL es

importante fortalecer y mantener estas relaciones puesto que en las ponderaciones de 3 orden se van perdiendo, esto podría darse estableciendo acuerdos con el sector público para hacer más participe al grupo tanto en prácticas como en investigaciones, de hecho en la entrevista con un representante del estado se evidenció un interés porque el GISEL estuviera más involucrado o que tuviera mayor representación en entidades del estado trabajando en proyectos en conjunto de interés nacional para el sector. También, se encuentran puntos en común con las industrias y con medios de comunicación, al revisar el nivel de implicación estas relaciones presentan una pequeña decadencia pero no es sino hasta las convergencias de orden 3 o posibles hipótesis de conflictos o alianzas donde se prevé que con estos actores se pueden presentar relaciones medias o débiles, queda claro que para el grupo GISEL es importante mantener esas relaciones fuertes pensando en alianzas que promuevan oportunamente el crecimiento y el desarrollo del grupo.

#### **Usuarios de energía eléctrica:**

Es el actor que según su intencionalidad presenta mayor indiferencia con respecto a los objetivos planteados, esto se explica ya que es un actor muy amplio y tiene poca participación activa con el GISEL y en general con el sistema estudiado, tomando en su gran mayoría únicamente el rol de consumidor. Presenta muy poca convergencia pues siempre se visualiza como un punto aislado de los demás grupos de interés, cuenta con un coeficiente de fuerza por debajo de la media y se ubica en el cuadrante de los dominados, no por ello deja de ser importante, de hecho, las industrias se sienten motivadas por los usuarios de energía eléctrica, especialmente la industria 1 quien se ve fuertemente influenciada y da una alta valoración a este actor.

En la matriz de posiciones valoradas 2MAO (figura 26) se puede ver que el nivel de implicación más importante para este actor se ve representado en los objetivos mejorar el aporte social del grupo e identificar oportunidades de modernización, y en menor medida el objetivo de

programar procesos de divulgación, en este sentido, el GISEL en lugar de establecer y mantener fuertes alianzas con los usuarios lo que abordaría demasiados esfuerzos debido a su magnitud, debe tener presente las necesidades y deseos de los usuarios, pues estos a medida que avance el desarrollo del país serán más exigentes y van a querer tener mayor participación en el sistema, de aquí que varios autores mencionan la descentralización como un proceso inherente a la modernización y del cual Colombia ya hace parte, permitiendo la transformación de un sistema unilateral a uno multilateral donde los usuarios pueden pasar de completamente consumidores a ser generadores e incluso distribuidores a pequeña escala. Debido a lo anterior para GISEL será importante enfocar esfuerzos en objetivos que favorezcan el empoderamiento de los usuarios de energía, que como vemos en la figura 32 (balanza neta) es uno de los actores que podría imponer su fuerza para movilizar a otros actores, con esto podemos decir que tiene un alto potencial de convertirse en un actor más fuerte.

### **10. Identificación de escenarios**

Ahora los intereses están enfocados en facilitar el crecimiento académico y esclarecer un horizonte para el grupo GISEL para esto se proponen y se definen eventos los cuales están específicamente basados en el análisis estructural y el análisis de juego de actores.

Se definieron cuatro eventos principales que comprenden el sistema estudiado y se presentan a continuación:

1. Reputación sólida en el sector gracias a alianzas y colaboraciones exitosas
2. Eficacia en la gestión administrativa
3. Política de investigación y desarrollo, fortaleciendo la docencia y la divulgación.
4. Contribuyendo al desarrollo económico y social de la región.

Cada evento está relacionado con una apuesta estratégica y sus objetivos retadores específicos. Además, se ha establecido una hipótesis sobre el estado de cada evento en el año 2030, estas hipótesis fueron planteadas de manera positiva, con el fin de facilitar la evaluación de la probabilidad de su ocurrencia, dado que la probabilidad es un indicador de la visión futura del experto en relación al evento.

**Tabla 15**

*Eventos e hipótesis (1/2)*

EVENTOS	DEFINICIÓN	HIPÓTESIS
Reputación sólida en el sector gracias a alianzas y colaboraciones exitosas	Las alianzas y las actividades de extensión ayudan a cerrar la brecha entre los grupos de investigación y la comunidad al proporcionar una plataforma para la colaboración y el intercambio de ideas. Tener alianzas y actividades de participación con empresas del sector y con la comunidad es importante para un grupo de investigación porque les permite acceder a nuevas tecnologías, conocimientos, recursos y contactos que pueden ayudar a avanzar en sus investigaciones. Además, interactuar con las empresas y la comunidad circundante puede ayudar a proporcionar información valiosa que puede ayudar a refinar y mejorar los resultados de la investigación; estas colaboraciones también pueden brindar oportunidades para una mayor visibilidad del grupo de investigación, lo que puede conducir a más oportunidades de financiación e investigación, un alto flujo de actividades de extensión ayuda a cerrar la brecha entre el mundo académico y el industrial ya que se comparten conocimientos, recursos y mejores prácticas. Al comprometerse con la comunidad, los grupos de investigación pueden garantizar que su investigación sea aplicable y beneficiosa para el público, y que sus hallazgos se implementen en aplicaciones prácticas.	Para el 2030 el GISEL habrá establecido una sólida reputación en el sector, gracias a las exitosas alianzas y colaboraciones con otras organizaciones. El grupo tendrá el presupuesto de trabajo asegurado gracias a gestiones efectivas en el marco de las relaciones con la misma Universidad, Empresa y Estado; esto le dará acceso a nuevos mercados y oportunidades, lo que fortalecerá su posición en la industria y lo ayudará a ser aún más rentable.
Eficacia en la gestión administrativa	La eficacia de la gestión administrativa es importante para un grupo de investigación porque ayuda a garantizar que los recursos, tanto financieros como humanos, se utilicen de manera eficiente y eficaz. Esto ayuda a maximizar el impacto general de los esfuerzos del grupo de investigación, lo que les permite aprovechar al máximo su trabajo y lograr los mejores resultados posibles. La gestión administrativa también puede ayudar a crear mejores condiciones de trabajo para los investigadores y garantizar que el trabajo se complete de manera organizada y oportuna.	Para el 2030 el GISEL habrá establecido una sólida trayectoria de éxito en su gestión administrativa, que habrá sido posible gracias a la dedicación para establecer objetivos y monitorear regularmente el progreso. Esto habrá permitido a la empresa asignar los fondos adecuados para la adquisición y mantenimiento de equipos, lo que redundará en un aumento de los ingresos.

**Tabla 16***Eventos e hipótesis (2/2)*

EVENTOS	DEFINICIÓN	HIPÓTESIS
Política de investigación y desarrollo, fortaleciendo la docencia y la divulgación.	Este evento busca el avance continuo de nuevos conocimientos mediante las investigaciones realizadas, no solo para demostrar fenómenos presentes en el sector sino para ser aplicados a solucionar problemas reales del entorno, adoptando tecnologías modernas para contribuir con la transición energética que tanto necesita nuestro planeta.	El grupo logró sus objetivos investigativos y vio un aumento significativo en el número de patentes adquiridas, los procesos de difusión más frecuentes incentivaron el intercambio de conocimiento y sus aplicaciones lo que permitió a sus integrantes desarrollar nuevas habilidades y ser más productivos, un mayor número de publicaciones en revistas indexadas permitió expandir su alcance y ganar reconocimiento por sus ideas innovadoras. Como resultado, la empresa pudo aumentar su visibilidad en el mercado, atraer más proyectos de investigación y extensión y obtener una ventaja competitiva sobre otros grupos de investigación.
Contribuyendo al desarrollo económico y social de la región.	Este evento busca contribuir con la formación no solo de ingenieros para ser graduados sino también en desarrollar una proyección académica, cultural y social adquiriendo nuevas metodologías de investigación y transferencia de conocimiento implementando tecnologías del sector eléctrico, actividades académicas que mantienen la relación del grupo con las industrias y así poder identificar oportunidades de modernización del sistema eléctrico, además esta relación sirve de insumo a la investigación aplicada. Esto impacta la industria en la medida que se transfiera dicho conocimiento y la tecnología para lograr el desarrollo de productos o procesos innovadores.	Para el año 2030 el grupo está clasificado como un grupo de gran importancia en investigación y docencia además será referente a nivel nacional, no solo por su producción académica sino por su impacto en el medio a través de productos innovadores. La extensión académica será reconocida en la región por la calidad de su portafolio de servicios y cursos, especialmente enfocados al sector empresarial

### 10.1. Valoración de la probabilidad de ocurrencia de las hipótesis

El conjunto de estas hipótesis se convierte en un referente para nosotros, ofreciéndonos un gran número de posibilidades en las que podemos elegir, cada posible combinación se convierte entonces en un escenario diferente, de aquí radica la importancia de valorar mediante una probabilidad cada escenario futuro ya que permite a las organizaciones tener una idea de la

incertidumbre que existe en relación a un evento específico; al asignar una probabilidad a un escenario futuro, las organizaciones pueden considerar diferentes posibilidades y cómo éstas podrían afectar su desempeño, esto les permite desarrollar planes de contingencia, y prepararse para eventos que tienen una alta probabilidad de ocurrencia. Además, la valoración de probabilidad de escenarios futuros también ayuda a las organizaciones a priorizar y enfocar sus esfuerzos en las áreas que son más críticas para su éxito. Al conocer las probabilidades de ocurrencia de diferentes escenarios, las organizaciones pueden tomar decisiones más informadas sobre dónde invertir recursos, cómo asignar personal, y cómo desarrollar estrategias a largo plazo.

El software SMIC una herramienta del método de impactos cruzados, basado en la información aportada por expertos, nos permite elegir entre varias opciones posibles, aquellas que tienen mayor probabilidad de ser reales. Con el fin de dar una valoración a las hipótesis el equipo de apoyo a la prospectiva toma el rol de expertos, basando su juicio en los conocimientos adquiridos en el desarrollo de las anteriores metodologías aplicadas, así como en los aportes individuales de los profesionales entrevistados, para ello se construye la tabla 17 como un criterio de valoración de dichas hipótesis.

**Tabla 17**

*Tabla de valoración de probabilidad*

<b>Zona</b>	<b>Improbabilidad</b>					<b>Duda</b>	<b>Probabilidad</b>				
<b>Valores</b>	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
<b>Concepto</b>	Imposible	Muy improbable		Improbable		Tanto probable como improbable	Probable	Muy probable		Certeza	

*Nota: Adaptado de Mojica (1993, págs. 92-93)*

El software SMIC genera una matriz de entrada de calificación de probabilidades simples a los eventos de forma individual, la cual cada experto debe diligenciar, estos tienen el mismo peso relativo en su respuesta por lo que no se tienen preferencias, en la tabla 18 se muestra el resultado promedio de las valoraciones simples ingresadas.

**Tabla 18***Probabilidades simples*

<b>Hipótesis</b>	<b>Probabilidad</b>
Evento 1	0,815
Evento 2	0,606
Evento 3	0,831
Evento 4	0,776

Nota: Adaptado de los resultados obtenidos con Smic-Pro-Expert

Otra matriz de entrada son las calificaciones de las probabilidades condicionadas, en la tabla 19 se muestra el resultado de las valoraciones condicionadas si se cumple un evento en específico, y se lee teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia del evento de cada fila en la tabla cuando se sabe que se ha cumplido el evento expuesto en cada columna.

**Tabla 19***Probabilidades condicionales si realización*

<b>Hipótesis</b>	<b>Evento 1</b>	<b>Evento 2</b>	<b>Evento 3</b>	<b>Evento 4</b>
Evento 1	0,815	0,82	0,81	0,822
Evento 2	0,61	0,606	0,604	0,61
Evento 3	0,826	0,829	0,831	0,845
Evento 4	0,782	0,781	0,788	0,776

Nota: Adaptado de los resultados obtenidos con Smic-Pro-Expert

De forma similar también se presenta la matriz de probabilidad condicional negativa (ver tabla 20), esta por el contrario se enfoca en conocer la percepción de los expertos en cual será la probabilidad que suceda un evento dado que otro no ha sucedido.

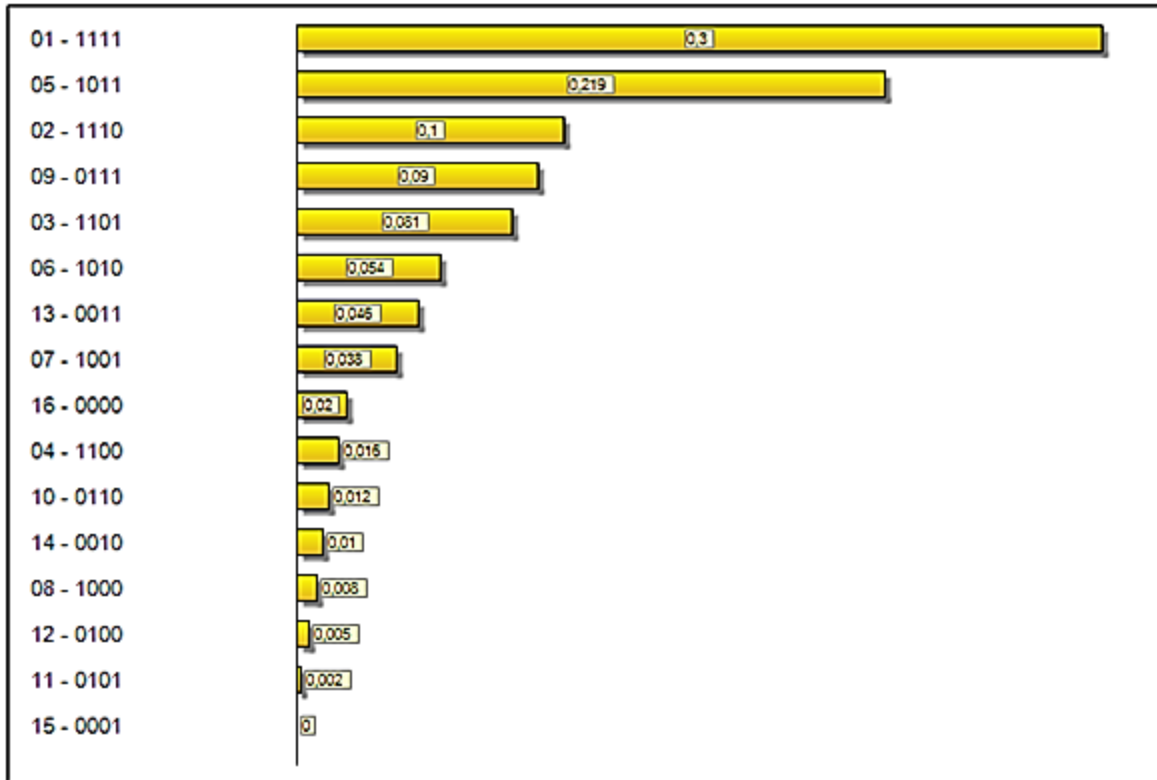
**Tabla 20**

*Probabilidades condicionales si no realización*

<b>Hipótesis</b>	<b>Evento 1</b>	<b>Evento 2</b>	<b>Evento 3</b>	<b>Evento 4</b>
Evento 1	0	0,808	0,843	0,793
Evento 2	0,589	0	0,613	0,593
Evento 3	0,857	0,835	0	0,785
Evento 4	0,749	0,768	0,714	0

*Nota: Adaptado de los resultados obtenidos con Smic-Pro-Expert*

Como dato de salida el software SMIC nos presenta el histograma de probabilidad de los escenarios (ver figura 37), en este se nos muestra en formato de barras la probabilidad de ocurrencia de cada escenario posible, teniendo en cuenta que al ser 4 hipótesis la cantidad de escenarios diferentes es 16.

**Figura 37***Histograma de probabilidad de los escenarios*

## 10.2. Análisis de escenarios posibles, realizables y deseables

Un escenario posible es una descripción detallada y coherente de un futuro, que se basa en un conjunto específico de suposiciones sobre cómo podrían evolucionar los diferentes factores que afectan a un sistema o situación, es importante destacar que un escenario posible no es una predicción, sino una posibilidad entre varias, en este sentido, los escenarios posibles serian todos aquellos contemplados en la figura 37, sin embargo, no todos ellos tienen la misma probabilidad de ocurrencia, a aquellos con mayor probabilidad se les denomina como escenarios realizables.

### 10.2.1. Escenarios probables o realizables.

Los escenarios realizables son escenarios posibles que han sido considerados como probables de ocurrir, basado en un análisis de la información disponible y en la evaluación de

expertos. Un escenario probable se basa en la evaluación de las tendencias actuales y en la consideración de factores clave que podrían afectar el desarrollo futuro de un sistema o situación, es importante destacar que el concepto de "probable" es subjetivo y puede variar dependiendo de las suposiciones y criterios utilizados en su construcción, además, se debe tener en cuenta que el escenario probable puede ser modificado por eventos imprevistos.

En la Tabla 21 se puede ver la valoración detallada de los 5 escenarios más probables, los cuales acumulan un 77% de las probabilidades de ocurrencia. Las casillas bajo cada evento toman valores de cero (0) cuando la hipótesis no se cumple, y de 1 cuando si se cumple.

**Tabla 21**

*Probabilidad acumulada de los escenarios*

Orden	Evento 1	Evento 2	Evento 3	Evento 4	Probabilidad	Probabilidad acumulada
1	1	1	1	1	0,3	0,3
2	1	0	1	1	0,219	0,519
3	1	1	1	0	0,1	0,619
4	0	1	1	1	0,09	0,709
5	1	1	0	1	0,061	0,77

*Nota: Adaptado del Histograma de probabilidad de escenarios.*

### **10.2.1. Escenario Deseable**

Un escenario deseable o escenario apuesta es un escenario posible que se construye a partir de una visión compartida y deseada del futuro, y que se basa en la idea de que es posible alcanzar un futuro específico mediante la toma de decisiones y acción conscientes, es una herramienta de planificación estratégica que permite a los expertos y a los tomadores de decisiones identificar los cambios necesarios para lograr un futuro deseado, y desarrollar un plan de acción para alcanzarlo; sirve a la toma de decisiones ya que permite a los expertos visualizar cómo podría ser el futuro si se tomaran ciertas medidas, y es una forma de asegurar que las decisiones tomadas estén en línea con los objetivos y valores deseados. Es importante destacar que un escenario deseable no es una

predicción, sino una visión compartida de un futuro deseado y alcanzable, por consiguiente, es una herramienta para la planificación estratégica, donde se plantea una meta a alcanzar y se establecen medidas para lograrlo.

En este sentido, el escenario deseable para el grupo GISEL es aquel en el que todas las hipótesis se cumplen, pues esto conllevaría un crecimiento y desarrollo continuo en el tiempo establecido, este escenario no solo es posible, sino que como vemos en la tabla 21 es el de mayor probabilidad lo que lo convierte en un escenario realizable, sin embargo, un 30% conlleva un margen muy amplio de incertidumbre, ya que existen muchos factores que pueden encadenar situación de cambio, así pues, parte de la planificación estratégica consiste en tomar medidas para mitigar los riesgos y aprovechar las oportunidades que puedan surgir.

## **11. Recomendaciones**

Alcanzar el escenario apuesta sin duda alguna es una meta difícil pero anhelada por el grupo, es importante diseñar estrategias que sirvan de guía en el proceso, un marco de referencia guía la toma de decisiones y asegura que las acciones están alineadas con el objetivo final, además estas estrategias deben contemplar tareas que permitan monitorear el progreso he incluso permitir un ajuste de la estrategia si es necesario. Teniendo en cuenta todo el análisis prospectivo realizado se le brinda al grupo de investigación una serie de pautas o pasos a seguir en pro de alcanzar el escenario apuesta, para ello se toma la decisión de crear ejes estratégicos con enfoques generales y dentro de estos una serie de lineamientos con enfoques más específicos.

### **11.1. Ejes estratégicos**

Un eje estratégico contempla una estrategia general dentro del grupo de investigación, contiene un conjunto de decisiones y acciones que se llevan a cabo para alcanzar una meta, estos establecen un horizonte de largo plazo por lo que se consideran los pilares fundamentales en los

que se basa la estrategia. Para el GISEL se han definido 4 ejes estratégicos que buscan impulsar el cumplimiento de los eventos necesarios para llegar al escenario deseable, por ello, cada eje se relaciona directamente con un evento en específico, quien, a su vez, está encadenado a una apuesta estratégica con sus respectivos objetivos retadores, es este sentido la definición e importancia del eje se recoge en la consolidación de los componentes que lo condicionan (esta relación se presenta de forma clara en el apéndice I). Los ejes elegidos se listan a continuación:

1. Potenciar las actividades de extensión
2. Aumentar la eficacia en la gestión administrativa
3. Mejorar la visibilidad del grupo mediante la investigación e innovación
4. Impactar positivamente a la sociedad

### **11.2. Lineamientos**

Los lineamientos o pautas para seguir son los pasos específicos que se deben llevar a cabo para alcanzar los ejes estratégicos, estas pautas suelen ser más detalladas y concretas, al tener un plan detallado, se pueden evitar distracciones, así como pérdidas de enfoque, del mismo modo, se pueden asignar responsabilidades y recursos de manera efectiva. Es importante que exista una buena alineación entre los ejes estratégicos y las pautas a seguir, ya que esto permitirá al grupo de investigación mantenerse enfocado en sus metas y maximizar su eficacia en alcanzarlas.

En la tabla 22 se presentan los ejes estratégicos con sus respectivos lineamientos asociados, estos lineamientos recogen una serie de ideas que fueron encontradas o identificadas en los textos consultados, así como en las entrevistas realizadas durante el transcurso de las metodologías aplicadas.

**Tabla 22***Ejes estratégicos y lineamientos asociados (1/3)*

<b>Ejes estratégicos</b>	<b>Lineamientos</b>
Potenciar las actividades de extensión	<p>Analizar el presupuesto y los recursos actuales del grupo y establecer metas incrementales realistas.</p> <p>Identificar el objetivo financiero a largo plazo, esto puede incluir metas como aumentar los ingresos en un porcentaje específico, alcanzar un nivel de ingresos específico, o expandirse a nuevos mercados.</p> <p>Establecer metas a corto plazo, estas metas pueden definirse para periodos de tres meses, seis meses o 1 año.</p> <p>Establecer un plan de acción para solicitar financiamiento y obtener proyectos de investigación, incluyendo un calendario y un presupuesto.</p> <p>Establecer indicadores clave de desempeño para medir el progreso hacia las metas de ingresos.</p> <p>Asignar responsabilidades y recursos, estas pueden incluir la asignación de un equipo específico para liderar el esfuerzo de generación de ingresos, o asignar un presupuesto específico para campañas de marketing.</p> <p>Evaluar el progreso regularmente y ajustarlo según sea necesario, si las metas no se están alcanzando, es importante identificar las causas y tomar medidas para corregirlas.</p> <p>Identificar y estudiar a las empresas y organizaciones del sector energético que podrían ser potenciales socios.</p> <p>Utilizar las redes sociales y las herramientas digitales para promover la colaboración y la cooperación con el sector energético.</p> <p>Utilizar herramientas de networking para establecer conexiones y crear relaciones con líderes clave en el sector energético.</p> <p>Participar en ferias y eventos del sector energético para promover la colaboración y la cooperación.</p>
Aumentar la eficacia en la gestión administrativa	<p>Identificar y estudiar las necesidades de equipos del grupo de investigación.</p> <p>Analizar los equipos actuales y establecer metas incrementales realistas.</p> <p>Establecer un plan de acción para la adquisición de equipos.</p> <p>Establecer un presupuesto específico para la adquisición y mantenimiento de equipos.</p> <p>Buscar oportunidades para obtener equipos a través de programas de subvenciones o donaciones.</p> <p>Establecer un plan de mantenimiento regular para los equipos adquiridos.</p> <p>Analizar el desempeño actual de la gestión administrativa y establecer metas incrementales realistas, que sean específicas, medibles y alcanzables.</p>

**Tabla 23***Ejes estratégicos y lineamientos asociados (2/3)*

<b>Ejes estratégicos</b>	<b>Lineamientos</b>
	<p>Identificar y estudiar las áreas de la gestión administrativa que requieren mejoras.</p> <p>Aprovechar las oportunidades de capacitación y desarrollo para mejorar las habilidades y conocimientos de los miembros del equipo.</p> <p>Implementar un sistema de retroalimentación para recibir comentarios y sugerencias de los miembros del equipo.</p>
<p>Mejorar la visibilidad del grupo mediante la investigación e innovación</p>	<p>Identificar y estudiar las áreas de investigación del grupo con mayor potencial para publicaciones en revistas y para solicitar patentes.</p> <p>Analizar periódicamente el número actual de solicitudes de patentes y establecer metas incrementales realistas.</p> <p>Buscar oportunidades para colaborar con otras instituciones o empresas para la creación de publicaciones y solicitud de patentes conjuntas.</p> <p>Aprovechar las oportunidades de capacitación y desarrollo para mejorar las habilidades y conocimientos en el proceso de solicitud de patentes.</p> <p>Identificar o contactar a un profesional especializado en propiedad intelectual para asesorar en el proceso de solicitud de patentes.</p> <p>Establecer un sistema de revisión y aprobación interno para asegurar que los artículos cumplan con los estándares de calidad y estén listos para su publicación.</p> <p>Identificar y seguir las revistas indexadas relevantes para el campo de investigación del grupo.</p> <p>Capacitar y desarrollar las habilidades de escritura científica y presentación de los miembros del equipo de investigación.</p> <p>Establecer una estrategia de comunicación y difusión de las publicaciones para maximizar su impacto.</p> <p>Identificar y estudiar los diferentes canales y medios para divulgar las actividades y resultados del grupo.</p> <p>Establecer un plan de acción para divulgar las actividades y resultados del grupo, incluyendo un calendario y un presupuesto.</p> <p>Crear un sitio web o página de redes sociales para difundir información sobre el grupo de investigación y sus actividades.</p> <p>Organizar y participar en conferencias y simposios para presentar los trabajos del grupo y discutir los resultados con otros investigadores.</p> <p>Participar en ferias y exposiciones científicas para mostrar las tecnologías desarrolladas por el grupo.</p> <p>Realizar charlas y talleres para compartir los resultados con la comunidad y fomentar la participación de jóvenes investigadores.</p> <p>Aprovechar las oportunidades para publicar en medios de comunicación generalista y dar a conocer los resultados a un público amplio.</p>

**Tabla 24***Ejes estratégicos y lineamientos asociados (3/3)*

<b>Ejes estratégicos</b>	<b>Lineamientos</b>
Impactar positivamente a la sociedad	<p>Crear vídeos y materiales informativos para difundir los resultados y lograr una mayor comprensión por parte del público en general.</p> <p>Incentivar y apoyar desde el marco institucional en la construcción de normatividad clara en materia de spin-off.</p> <p>Identificar problemas y oportunidades en la industria y en la sociedad para enfocar la investigación en soluciones prácticas y aplicables.</p> <p>Fomentar la creatividad y el espíritu emprendedor entre los miembros del grupo.</p> <p>Promover la formación en habilidades empresariales para los investigadores y el personal del grupo.</p> <p>Participar en ferias y certámenes de emprendimiento para conectarse con inversores y potenciales socios.</p> <p>Fomentar la cultura de la innovación y el pensamiento disruptivo para aprovechar las oportunidades y superar los desafíos en la investigación aplicada.</p> <p>Realizar estudios de impacto socioeconómico para evaluar el impacto de las investigaciones en las comunidades locales.</p> <p>Crear una red de contactos entre investigadores, empresas y organizaciones del sector productivo local para facilitar la colaboración y el intercambio de conocimiento.</p> <p>Asegurar que los resultados de la investigación sean accesibles y comprensibles para los sectores productivos locales y las comunidades interesadas</p> <p>Establecer alianzas con organizaciones comunitarias y empresas para asegurar que la investigación tenga un impacto directo en la sociedad.</p> <p>Asegurar que la investigación sea ética y sostenible.</p> <p>Establecer un proceso de evaluación continua para medir el impacto de la investigación en la sociedad</p> <p>Fomentar la colaboración entre investigadores y profesionales del sector eléctrico para desarrollar soluciones a problemas específicos.</p> <p>Establecer un enfoque interdisciplinario para abordar problemas complejos en la industria eléctrica</p> <p>Promover la investigación en tecnologías emergentes y en tendencias como la generación distribuida, la integración de energías renovables y la digitalización de la industria eléctrica.</p> <p>Utilizar técnicas de investigación avanzadas, como la inteligencia artificial y la simulación, para analizar y mejorar los sistemas eléctricos existentes.</p> <p>Continuar actualizando y mejorando los conocimientos y habilidades del grupo de investigación para mantenerse al día con las tendencias y desarrollos actuales en el campo de la investigación aplicada en sistemas eléctricos.</p>

## 12. Conclusiones

La planificación estratégica es una herramienta para disminuir los riesgos asociados a la toma de decisiones a largo plazo en un negocio u organización. Ayuda a identificar los objetivos y metas a alcanzar, así como las acciones y recursos necesarios para lograrlos y adaptarse a los cambios en el entorno. Es esencial para el éxito de cualquier grupo de investigación universitario, especialmente en el campo ingenieril, dentro de esta, los estudios prospectivos son fundamentales para establecer objetivos a largo plazo y para identificar las tendencias y oportunidades en el campo de la ingeniería, permiten anticipar los desafíos y problemas que se presentaran en el futuro, y proporcionan información valiosa para tomar decisiones informadas sobre iniciativas tanto de investigación como de acción, además, los estudios prospectivos ayudan a identificar áreas de oportunidad en las que se pueden enfocar los esfuerzos para obtener el impacto deseado.

El presente estudio prospectivo para el grupo de investigación en sistemas de energía eléctrica de la escuela de ingeniería eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander, pretende servir como herramienta para el direccionamiento del grupo ya que proporciona información valiosa sobre los cambios y las tendencias que presenta el sector energético enfocándose más precisamente en el subsector eléctrico, las oportunidades que tiene el grupo con los actores relevantes del sector y los lineamientos estratégicos necesarios para el logro del escenario deseado. Esta información permite dar un enfoque adecuado, así como un uso efectivo de los recursos del grupo para obtener los resultados que se esperan en el 2030.

Se realizó un análisis tanto del grupo de investigación como del sector a nivel nacional e internacional, el cual sirvió como fuente primordial para las metodologías que se realizaron a lo largo del estudio, este a su vez, sirvió de soporte para la toma de decisiones que se presentaron en el transcurso de la investigación.

Se identificaron variables que de una u otra forma intervienen tanto en el sector energético como en el grupo de investigación, y mediante la implementación del análisis estructural con la ayuda del software MICMAC y la participación de los miembros del grupo se logró identificar las variables clave, en las cuales el GISEL quiere intervenir, por lo cual se construyeron objetivos retadores que pretenden influenciar estas variables.

Las variables clave permitieron la identificación de los grupos de interés del proyecto, resultando en un total de 11, con los cuales se realizó un juego de actores que resultó en la identificación de los actores más importantes para la realización de los objetivos retadores presentados, las organizaciones del estado, los organismos encargados de la producción, comercialización y distribución de energía eléctrica, la industria extractivista, las instituciones educativas y de investigación encargadas de la producción de conocimiento científico y los medios de comunicación especializados son sin lugar a dudas los actores más importantes del sistema y por ende a los que el grupo GISEL más relevancia les debería dar.

Con el método MACTOR se logró identificar que no todos los objetivos presentados tendrán el mismo nivel de apoyo por parte de los actores clave, por ello, los profesionales investigadores del grupo, así como los estudiantes vinculados trabajando de forma conjunta deben fortalecer los lazos del grupo con los demás actores e intentar ganar una mayor posición de poder en el sistema. En este mismo sentido el GISEL debe propiciar una cultura en los estudiantes que promueva su deseo por mejorar la institucionalidad, generando aportes que perduren.

Los objetivos y su respectivo análisis permitieron la construcción de los eventos de futuro, así como su valoración de probabilidad, y con ayuda del software Smic se identificó el escenario deseable. El cumplimiento de las hipótesis asociadas a cada evento parece ser el escenario tendencial ya que presenta la mayor valoración de probabilidad, sin embargo, la incertidumbre

asociada a este escenario es muy amplia, en este sentido, el estudio concluye con una lista de lineamientos que reúnen las actividades que se consideran necesarias para la efectiva realización de los objetivos retadores del grupo, con lo cual se pretende que la dirección estratégica recoja estos lineamientos y pueda adoptarlos en su plan de acción para los siguientes periodos académicos hasta el 2030.

### Referencias Bibliográficas

- Acosta, C. (2 de Noviembre de 2021). *La republica*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/economia/colombia-reducira-en-51-la-emision-de-gases-efecto-invernadero-para-el-ano-2030-3255637#:~:text=Colombia%20representa%200%2C6%25%20de,el%20carbono%20neutro%22%2C%20dijo>.
- Andesco. (10 de 12 de 2021). *EPM gana premio por sus aportes en investigación y desarrollo del sector eléctrico*. Obtenido de <https://andesco.org.co/epm-gana-premio-por-sus-aportes-en-investigacion-y-desarrollo-del-sector-electrico/>
- Araujo, G., López, A. R., & Tapia, N. (2019). Energy foresight: Exploration of CO2 reduction policy scenario for Ecuador during 2016–2030. *Lietuvos mokslų akademija*, 2019, 70.
- ARTÍCULO 174, Ley 1955. (25 de 05 de 2019). *POR EL CUAL SE EXPIDE EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2018-2022 PACTO POR COLOMBIA, PACTO POR LA EQUIDAD*.
- Bakule, M., Vera, C., Vera, H., Ben, K., Tomáš , R., & Rob, W. (2017). *El desarrollo de estudios prospectivos, escenarios y anticipación de las competencias* (Vol. 2). OIT/Cinterfor.
- Ball, P. J. (Enero de 2021). Macro Energy Trends and the Future of Geothermal within the Low-Carbon Energy Portfolio. *Journal of Energy Resources Technology, Transactions of the ASME*, 143(1).
- Banco Mundial*. (13 de Julio de 2020). Obtenido de El acceso a la energía es esencial para reducir la pobreza. La energía posibilita las inversiones, la innovación y las nuevas industrias que son motores de la creación de empleo, el crecimiento inclusivo y la prosperidad compartida para economías enteras.: <https://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview#2>

- Bancolombia. (12 de Agosto de 2021). *Bancolombia* . Obtenido de ¿Cómo avanza Colombia hacia la movilidad sostenible?
- Boamah, F. (2020). Desirable or debatable? Putting Africa's decentralised solar energy futures in. *Energy Research & Social Science*.
- Burke, M. J., & Stephens, J. C. (01 de 2018). Political power and renewable energy futures: A critical review. *Energy Research & Social Science*, 35, 78-93.
- Cabello, L. (31 de 05 de 2022). *pv magazine Latin America*. Obtenido de Colombia ingresaría 1.500 MW fotovoltaicos al sistema en 2022: <https://www.pv-magazine-latam.com/2022/05/31/colombia-ingresaria-1-500-mw-fotovoltaicos-al-sistema-en-2022/>
- Celis, S., Giraldo, L. F., Oliveira-De Jesus, P., & Rincon, C. A. (Agosto de 2018). A Clustering Approach for Domestic Smart Metering Data Preprocessing.
- Cely b., A. (1999). Metodología de los Escenarios para Estudios. *Revista Ingeniería e Investigación No. 44*, 34.
- Chiavenato, I. (2017). *PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Fundamentos y aplicaciones* (3ra edición ed.). Mc Graw Hill. Obtenido de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/63311696/3\\_-\\_Planeacion\\_Estrategica\\_-\\_Chiavenato\\_-\\_3ra\\_Ed\\_-\\_201620200514-123786-h2q2nk-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1645282972&Signature=cpBUfWNM8fUBcaKp9AJodd0WtzI46e0A1iKXdiFUbCKzjwWAQbpjFO9WsnGMk-CW3miv-FKYqOERqq](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/63311696/3_-_Planeacion_Estrategica_-_Chiavenato_-_3ra_Ed_-_201620200514-123786-h2q2nk-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1645282972&Signature=cpBUfWNM8fUBcaKp9AJodd0WtzI46e0A1iKXdiFUbCKzjwWAQbpjFO9WsnGMk-CW3miv-FKYqOERqq)
- Corredor, G. (2018). Colombia y la transición energética. *Ciencia Política*, 13(25), págs. 107-125. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cienciapol/article/view/70257/66268>

- Cortés Contreras, N., & Casas Sánchez, W. (2016). *Estudio de prospectiva de energía eléctrica en consumo, capacidad, demanda, generación y capacidad instalada de Colombia paa el año 2050*. Bucaramanga.
- CPC. (2021). *Consejo Privado de Competitividad* . Obtenido de INFORME PRIVADO DE COMPETITIVIDAD 2021-2022: [https://compite.com.co/wp-content/uploads/2021/12/CPC\\_INC\\_2021-2022-COMPLETO.pdf](https://compite.com.co/wp-content/uploads/2021/12/CPC_INC_2021-2022-COMPLETO.pdf)
- CREG. (26 de 02 de 2018). Resolución 030 . *Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional*.
- CREG. (10 de 12 de 2021). *Historia en Colombia*. Obtenido de <https://www.creg.gov.co/sectores-que-regulamos/energia-electrica/historia-en-colombia-0/historia-en-colombia>
- Delina, L., & Janetos, A. (January de 2018). Cosmopolitan, dynamic, and contested energy futures: Navigating the pluralities and polarities in the energy systems of tomorrow. *Energy Research and Social Science*, 35, 1-10.
- Despejando Dudas. (20 de 11 de 2022). *EPM gana tercer puesto en premio internacional de innovación energética*. Obtenido de <https://www.despejandodudas.co/index.php/innovacion/3656-epm-gana-tercer-puesto-en-premio-internacional-de-innovacion-energetica>
- DNP. (15 de 03 de 2018). *ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) EN COLOMBIA*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3918.pdf>
- El Tiempo. (5 de Julio de 2022). *Susana Muhamad: quién es la nueva ministra de Medioambiente de Colombia*.

- Enel. (09 de 07 de 2020). *Reconocimientos a la Innovación*. Obtenido de <https://www.enel.com.co/es/historias/a202007-reconocimientos-a-la-innovacion.html>
- Enel. (20 de Abril de 2021). *Enel-Emgesa inaugura el primer sistema de baterías de almacenamiento de energía de Colombia*. Obtenido de <https://www.enel.com.co/es/prensa/news/d202104-inauguracion-primer-sistema-baterias-de-almacenamiento.html>
- Enerdata. (2020). *Consumo energético total*. Obtenido de Enerdata: <https://datos.enerdata.net/energia-total/datos-consumo-internacional.html>
- Flores, H., & Hazel, C. (2014). HERRAMIENTAS TIC PARA LA ENSEÑANZA DE LA HISTORIA. *Tiempo y sociedad*.
- France 24. (11 de 10 de 2017). Obtenido de Donald Trump y el ocaso del plan de ‘energía limpia’ de Barack Obama: <https://www.france24.com/es/20171011-trump-plan-de-energia-limpia-obama>
- Fresco, P. (2018). *El futuro de la energía en 100 preguntas*. Madrid: Nowtilus.
- Gaviria, N. (5 de Julio de 2022). *La Republica*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/economia/el-ministro-de-minas-diego-mesa-indico-que-colombia-cerraria-el-ano-con-2-500-mwp-3395656>
- Godet, M. (1993). *De la anticipación a la acción*. Paris: MARCOMBO.
- Godet, M. (2000). *LA CAJA DE HERRAMIENTAS DE LA PROSPECTIVA ESTRATÉGICA*. Paris.
- Godet, M., & Durance, P. (2007). *Prospectiva estrategica: Problemas y metodos* (2 ed.). Paris.
- Hurtado Avella, Y. A., Triviño Amar, C. A., & Rojas Lozano, M. R. (2021). *Análisis de los factores de éxito de un proyecto de implementación de energía fotovoltaica para la propiedad horizontal en la ciudad de Bogotá*. Bogota.

- Jasanoff, S. (2017). Just transitions: A humble approach to global energy futures. *Energy Research & Social Science*.
- Khan, M. I., Khan, I. A., & Chang, Y.-C. (10 de September de 2020). An overview of global renewable energy trends and current practices in Pakistan - A perspective of policy implications. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 12(5).
- Kumar, Y., Ringenberg, J., Depuru, S. S., Devabhaktuni, V., Lee, J. W., Nikolaidis, E., . . . Afjeh, A. (2016). Wind energy:Trendsandenablingtechnologies. *RenewableandSustainableEnergyReviews*, 224.
- La República. (22 de 01 de 2022). *El Gobierno inauguró ayer en La Guajira el primero de 16 nuevos parques eólicos*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/economia/el-gobierno-inauguro-ayer-en-la-guajira-el-primero-de-16-nuevos-parques-eolicos-3290204>
- Laird, F. N. (2013). Against Transitions? Uncovering Conflicts in Changing Energy Systems. *Science as Culture*, 22(2), 149-156. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09505431.2013.786992>
- Lazzari , L., & Maeschalck, V. (2002). CONTROL DE GESTIÓN: UNA POSIBLE APLICACIÓN.
- Ley 1715. (13 de 05 de 2014). *Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional*.
- Ley 2099. (10 de 07 de 2021). *POR MEDIO DE LA CUAL SE DICTAN DISPOSICIONES PARA LA TRANSICION ENERGETICA, LA DINAMIZACION DEL MERCADO ENERGETICO, LA REACTIVACION ECONOMICA DEL PAIS Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES*.

- LR. (2022). *El ministro de Minas, Diego Mesa, indicó que Colombia cerrará 2022 con 2.500 MWp*. Obtenido de La Republica: <https://www.larepublica.co/economia/el-ministro-de-minas-diego-mesa-indico-que-colombia-cerraria-el-ano-con-2-500-mwp-3395656>
- Medina, C. (8 de 8 de 2022). *Wradio*. Obtenido de Tenemos la misión de acelerar la transición energética: Irene Vélez, MinMinas: <https://www.wradio.com.co/2022/08/09/rodolfo-hernandez-se-distancia-de-varios-politicos-que-lo-apoyaron-en-campana/>
- Mesa, D. (2021). *Presentación de resultados: Nueva Subasta de Energías Renovables de Colombia*. Minenergía. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=idJBquGqBRA>
- Minfin. (2016). *Ministerio de Finanzas Públicas*. Recuperado el 1 de 07 de 2022, de <https://www.minfin.gob.gt/images/archivos/presua2016/documentos/c014.pdf>
- Mohan , A., & Kilian , T. (2018). India's energy future: Contested narratives of change. *Energy Research & Social Science*.
- Mojica Sastoque, F. (1993). *La prospectiva: Técnicas para visualizar el futuro*. LEGIS.
- Naciones Unidas Colombia. (03 de 08 de 2022). *Naciones Unidas en Colombia*. Obtenido de <https://colombia.un.org/es/sdgs>
- Norhan , B., & John E. , F. (2019). Hacia Tendencias de Energía Sostenible en el Medio Oriente: Un. *energías*.
- OLADE. (2021). *Organización latinoamericana de energía*. Obtenido de <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0442a.pdf>
- Pardo, E. (21 de Enero de 2022). *asuntos : legales*. Recuperado el 25 de 06 de 2022, de Panorama minero-energético en 2022: <https://www.asuntoslegales.com.co/analisis/estefanny-pardo-515736/panorama-minero-energetico-en-2022-3289636>

- Pauli, G. (2014). *LA ECONOMIA AZUL LA ECONOMIA AZUL : 10 ANOS, 100 INNOVACIONES, 100 MILLONES DE EMPLEOS : UN INFORME PARA EL CLUB DE ROMA*. Barcelona Tusquets Editores.
- Popper, R., Georghiou, L., Cassingena, J., Keenan, M., & Miles, I. (2008). *The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Rinaman, W. (2018). *En El manual de software para ingenieros y científicos*. Prensa CRC. Obtenido de <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780203710012-47/minitab-william-rinaman?context=ubx>
- Rodriguez Gomez, E. (s.f). La prospectiva como disciplina sistematica: conceptos y tecnicas. *universidad eafit-No. 82*.
- Ruiz Maldonado, I. A. (2017). *ANÁLISIS PROSPECTIVO DE LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DISTRIBUIDA EN COLOMBIA, EN EL MARCO LEGAL DE LA LEY 1715 DE 2014*. Universidad Industrial de Santander, Santander, Bucaramanga.
- Rumbominero. (25 de Marzo de 2022). *El nuevo siglo*. Obtenido de Colombia tiene novena matriz energética más limpia del mundo: [elnuevosiglo.com.co/articulos/03-24-2022-colombia-cuenta-con-la-novena-matriz-energetica-mas-limpia-del-mundo](http://elnuevosiglo.com.co/articulos/03-24-2022-colombia-cuenta-con-la-novena-matriz-energetica-mas-limpia-del-mundo)
- Ruotsalainen, J., Karjalainen, J., Child, M., & Heinonen, S. (2017). Culture, values, lifestyles, and power in energy futures: A critical peer-to-peer. *Energy Research & Social Science*, 239.
- Sandoval, Y. (3 de Marzo de 2022). *Valora Analitik*. Recuperado el 26 de Junio de 2022, de Noticias De Minería Y Energía Noticias Económicas Importantes: <https://www.valoraanalitik.com/2022/03/22/colombia-participara-reunion-ministerial-iea-2022/>

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *Beneficios de usar energías renovables*. Recuperado el 26 de Junio de 2022, de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/beneficios-de-usar-energias-renovables-172766>
- Selçuk, B., & İkbal, S. (2018). Energy conservation policy and environment for a. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*.
- Semana* . (24 de Junio de 2022). Obtenido de Crece la venta de vehículos eléctricos en América Latina, con Colombia a la vanguardia: <https://www.semana.com/sostenible/articulo/crece-la-venta-de-vehiculos-electricos-en-america-latina-con-colombia-a-la-vanguardia/202213/>
- Serrano Reyes, A. F., & Zárate Torres, E. N. (2016). *ESTUDIO DE LA PROSPECTIVA Y VIABILIDAD DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EÓLICA Y SOLAR EN COLOMBIA A 2050 POR MEDIO DEL SOFTWARE LEAP*. UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, BUCARAMANGA.
- Sobolieva, T., & Harashchenko, N. (2020). Intellectual property indicators and renewable energy trends. *POLITYKA ENERGETYCZNA*, 23(4), 17-32.
- Sovacool, B. K. (05 de 2017). Reviewing, Reforming, and Rethinking Global Energy Subsidies: Towards a Political Economy Research Agenda. *Ecological Economics*, 135, 150-163. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800916303494?via%3Dihub#!>
- Suarez , M. F. (2019). Presidente Duque sobre la segunda subasta de energías renovables - 22 de octubre de 2019. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=VcfSyuR42og>
- Taylor, T., & Young, C. (2003). Making History, a guide for the teaching and learnign of History in australian schools. *Learnign of History in australian schools*.

- UMPE. (2020). *Evolución del Sector Eléctrico Nacional*. Recuperado el 26 de Junio de 2022, de <http://www.siel.gov.co/LinkClick.aspx?Fileticket=L9AASwJjMz8=>
- UNFCCC. (2022). *El Acuerdo de París*. Obtenido de United Nations Framework Convention on Climate Change: <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/el-acuerdo-de-paris>
- UPME. (2016). *Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014*. Invierta y Gane con Energía. Recuperado el 21 de 07 de 2022, de [https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla\\_IGE\\_Incentivos\\_Tributarios\\_Ley1715.pdf](https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla_IGE_Incentivos_Tributarios_Ley1715.pdf)
- UPME. (2020). Obtenido de <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/Redes-Inteligentes.aspx>
- UPME. (2022). *Proyección de demanda de energéticos*. Recuperado el 2022, de Informe 2022 unidad de planeación minero energetica: [https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Presentacion\\_Proyeccion\\_demanda\\_energeticos\\_2022.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Presentacion_Proyeccion_demanda_energeticos_2022.pdf)
- Valora Analitik. (17 de 03 de 2022). *Las opciones de Colombia para mejorar la transición del sector eléctrico*. Recuperado el 26 de Junio de 2022, de <https://www.valoraanalitik.com/2022/03/17/opciones-colombia-mejorar-transicion-sector-electrico/>
- Vega, A., Santamaría, F., & Rivas, E. (2018). Supervision, monitoring and control of home appliances through power line communication.

Villota, Y. (2021). *ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN COLOMBIA*. Bogota. Obtenido de

<https://bdigital.uexternado.edu.co/server/api/core/bitstreams/cd704a5b-ed89-48d4-9a75-ed9a9bace807/content>

Weinrub, A., & Giancatarino, A. (2015). Toward a Climate Justice Energy Platform: Democratizing Our Energy Future. *Local Clean Energy Alliance & Center for Social Inclusion*, 1-22.