



Estudios Gerenciales  
ISSN: 0123-5923  
Universidad Icesi

Lámbarry-Vilchis, Fernando; Moreno-Jiménez, Juan Carlos  
Mercado energético pos-SARS-CoV-2: relación estructural de sus factores críticos  
Estudios Gerenciales, vol. 37, núm. 158, 2021, Enero-Marzo, pp. 94-103  
Universidad Icesi

DOI: <https://doi.org/10.18046/j.estger.2021.158.4396>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21266955009>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEM  
  
Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## Mercado energético pos-SARS-CoV-2: relación estructural de sus factores críticos

Fernando Lámbarry-Vilchis\*

Investigador, Escuela Superior de Comercio y Administración, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.  
[flambarry@ipn.mx](mailto:flambarry@ipn.mx)

Juan Carlos Moreno-Jiménez

Investigador, Gerencia de Auditoría, Petróleos Mexicanos - Pemex, Ciudad de México, México.  
[carlosm-10@hotmail.com](mailto:carlosm-10@hotmail.com)

### Resumen

El objetivo de este artículo consistió en modelar estructuralmente los factores de alta prioridad ante el impacto del coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo en el mercado energético. Para ello, el método se fundamentó en el modelado estructural interpretativo y en la matriz de impactos cruzados-multiplicación aplicada a una clasificación. Se propone un modelo de 12 factores estructurados jerárquicamente en seis niveles, en el que las preferencias de consumo, las modificaciones regulatorias y normativas, las restricciones políticas y las estrategias de planeación son las de mayor influencia en el mercado energético desde la perspectiva de México. Derivado de ello, se sugiere transitar hacia una mayor participación de actores públicos y privados en vectores de energía renovable.

**Palabras clave:** SARS-CoV-2; mercado energético; COVID-19; modelado estructural interpretativo; matriz de impactos cruzados.

### Post-SARS-CoV-2 energy market: Structural relationship of its critical factors

#### Abstract

The objective of this paper was to structurally model the high-priority factors caused by the impact of the severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 in the energy market. For this, the method was based on interpretive structural modeling and the cross-impact matrix multiplication applied to classification. A model of 12 factors structured hierarchically in six levels is proposed, in which consumption preferences, regulatory and normative modifications, political restrictions, and planning strategies are the ones with the greatest influence on the energy market from the perspective of Mexico. Derived from this, it is suggested to move towards a greater participation of public and private actors in renewable energy vectors.

**Keywords:** SARS-CoV-2; energy market; COVID-19; interpretive structural modeling; cross-impact matrix.

### Mercado de energía pós-SARS-CoV-2: relação estrutural de seus fatores críticos

#### Resumo

O objetivo deste artigo foi modelar estruturalmente os fatores de alta prioridade frente ao impacto do SARS-CoV-2 no mercado de energia. Para tal, o método baseou-se na modelação estrutural interpretativa e na matriz de multiplicação de impactos cruzados aplicada a uma classificação. Conclui com um modelo de 12 fatores estruturados hierarquicamente em seis níveis, nos quais as preferências de consumo, modificações regulatórias e normativas, restrições políticas e estratégias de planejamento são as que têm maior influência no mercado de energia desde a perspectiva do México. Derivado disso, uma abordagem é uma maior participação de atores públicos e privados nos vetores de energia renovável.

**Palavras-chave:** SARS-CoV-2; mercado de energia; COVID-19; modelagem estrutural interpretativa; método de impactos cruzados.

\* Autor para dirigir correspondencia.

Clasificación JEL: Q48; Q43; O13.

Cómo citar: Lámbarry-Vilchis, F. y Moreno-Jiménez, J. C. (2021). Mercado energético pos-SARS-CoV-2: relación estructural de sus factores críticos. *Estudios Gerenciales*, 37(158), 94-103. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2021.158.4396>

DOI: <https://doi.org/10.18046/j.estger.2021.158.4396>

Recibido: 15-oct-2020

Aceptado: 3-feb-2021

Publicado: 31-mar-2021

## 1. Introducción

Wuhan (China) fue el epicentro del virus identificado como coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2) y la enfermedad infecciosa 2019 asociada (*corona virus disease-19*, COVID-19). El primer caso fue reportado el 31 de diciembre de 2019. El 11 de marzo de 2020, la rápida propagación del virus en 114 países llevó a la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020) a declararlo pandemia y quedó en evidencia las vulnerabilidades de los sistemas de salud y de las economías nacionales. Ante esto, el mercado energético no fue la excepción y la persistencia de intervenciones no farmacológicas universales (NPI, por sus siglas en inglés), tal como el aislamiento domiciliario voluntario de personas, además de la baja actividad económica, desencadenó una caída de la demanda del mix energético, sobre todo de algunos de los productos más comercializados a base de hidrocarburos, aunque también interrupciones en la cadena de suministro de energía (International Finance Corporation, 2020). Esto llevó a una parálisis operativa de distintos sectores industriales (European Parliament, 2020) y se evidenció la alta dependencia que la sociedad aún tiene de este tipo de combustibles para funcionar (BP, 2020).

Incluso cuando antes de la COVID-19 los precios del gas y del petróleo se aproximaban a sus mínimos históricos por causa de la desaceleración económica en China y la producción récord de gas en los Estados Unidos (BP, 2020), el crecimiento más lento de la demanda provocada por la COVID-19 probablemente mantenga bajos los precios del petróleo, aunque cabe esperar volatilidad y estrés financiero en el mercado en el trayecto para lograr la recuperación económica, por lo menos a los niveles prepandemia. Sin embargo, este sector presenta una realidad diferenciada para cada país, características particulares que no obstante mantiene vínculos indisociables con cambios ocurridos a nivel internacional (Gillingham, Knittel, Li, Ovaere y Reguant, 2020); aunque no es posible conocer la temporalidad y todos los efectos producidos por la pandemia en el sector energético.

Pensar que el impacto del SARS-CoV-2 es temporal y que el mundo seguirá de manera inercial con su desarrollo es, por decir lo menos, una visión simplista. Los países y sus sociedades serán muy distintos y la energía es uno de los elementos angulares que determinarán la rapidez, profundidad y alcance de esa transición. En algunas perspectivas se argumenta que la pandemia de COVID-19 ha marcado el fin de la era del carbón y de los combustibles fósiles, para dar paso a la formulación de políticas públicas orientadas a acelerar el proceso de descarbonización del mercado energético y a fomentar el crecimiento de energía verde (Kuzemko et al., 2020), pero el futuro del mercado energético dista mucho de certidumbre y los impactos de esta disruptión implicarán procesos de profunda reflexión y debate respecto de las decisiones que se deben considerar globalmente como parte de los compromisos internacionales.

En la literatura especializada, se han documentado modelos para tomar decisiones en situaciones de alta complejidad e incertidumbre en diversos campos del conocimiento, entre los que se encuentra los de análisis estructurado, a saber, el modelado estructural interpretativo (ISM, por sus siglas en inglés) y la matriz de impactos cruzados-multiplicación aplicada a una clasificación (MIC-MAC, por sus siglas en francés) (Keenan y Popper, 2008; Popper, 2009; Popper y Teichler, 2011). Con base en lo anterior, se plantea como pregunta de investigación ¿cuáles son los factores de alta prioridad a partir del SARS-CoV-2 y su interrelación en el futuro del mercado de la energía? Para responder a ella, el objetivo de la investigación consistió en modelar estructuralmente los factores prioritarios para el futuro del mercado energético. El documento se estructuró en cinco partes. Posterior a la introducción, se incluye el marco teórico sobre el ISM y la MICMAC desde la perspectiva del mercado energético; en la tercera sección se describe el método de investigación; en la cuarta, se propone el ISM y las estrategias que serán consideradas por los actores involucrados en el mercado de la energía; y, finalmente, en el último apartado se presentan las conclusiones.

## 2. Análisis estructural ISM-MICMAC: revisión teórica

La crisis global vinculada al SARS-CoV-2 ha afectado fuertemente el mercado energético global y a los sectores que por su naturaleza están altamente interconectados con él (European Parliament, 2020); no obstante, este sector ha enfrentado constantemente incertidumbres catastróficas difíciles de predecir y controlar (Alizadeh, Lund, Beynaghi, Abolghasemi y Maknoon, 2016; Kruyt, van Vuuren, de Vries y Groenberg, 2009), vinculadas a los mercados, tecnologías y sociedades, y han ocasionado grandes cambios o transiciones socio-técnicas (Filipović, Radovanović y Golušin, 2018; Radovanović, Filipović y Pavlović, 2017). Además, por la dependencia de energía considerada fundamental para el funcionamiento de cualquier economía, existe un continuo interés de los países desarrollados y en desarrollo por un suministro ininterrumpido, que ha traspasado consideraciones geopolíticas (Gasser, 2020). Ante ello, desde la arista de seguridad energética, se han propuesto diversos índices y metodologías que dimensionan a corto, mediano y a largo plazo la capacidad para hacer frente a cambios repentinos en el equilibrio oferta-demanda. Sin embargo, la mayoría de estos indicadores muestran solo el resultado de las operaciones y no tienen en cuenta implicaciones de otras amenazas potenciales (Kisel, Hamburg, Härm, Leppiman y Ots, 2016), o bien, de los efectos indirectos que sin previsión serían casi imposibles de valorar. Para ello, diversas organizaciones han empleado métodos prospectivos de análisis estructurado con el fin de explorar las probables consecuencias de tomar, o no, un curso de acción (Peterson, Cumming y Carpenter, 2003; Walker, Haasnoot y Kwakkel, 2013). Para algunos casos, como el del mercado energético, estas decisiones implican grandes efectos en

el desarrollo e implementación de la política energética de un país, y alteran la estructura de su sistema social, tecnológico, político y económico (Valdés, 2018). Entre estos métodos se encuentran el ISM y la MICMAC, que, a diferencia del método Delphi o el modelado de ecuaciones estructurales, requieren de un número menor de expertos (Yadav y Barve, 2015) y se han convertido en un marco analítico para comprender las relaciones directas o indirectas entre los factores que influyen en un sistema bajo situaciones disruptivas de alta complejidad (Godet, Durance y Gerber, 2013; Ramesh, Banwet y Shankar, 2010).

Si bien es la naturaleza de las relaciones indirectas y su potencial de influencia en las estructuras del sistema lo que fundamenta el análisis ISM (Saxena, Sushil y Vrat, 1992), el núcleo de la metodología se encuentra en la aplicación conceptual de la teoría de grafos (del Pilar, Alegado y Bongo, 2019; Sagheer, Yadav y Deshmukh, 2009). Por otra parte, la MICMAC estratifica, por medio de álgebra matricial (Diabat y Govindan, 2011; Kannan, Pokharel y Kumar, 2009), los factores según su fuerza motriz (poder de influencia) y su poder de dependencia (Luthra, Kumar, Kharb, Ansari y Shimmi, 2014; Wang, Wang y Zhao, 2008). Mientras que la fuerza motriz representa el grado de influencia que un factor tiene sobre otros; el poder de dependencia representa la influencia que recibe un factor de uno o varios motrices o influyentes (Chander, Jain y Shankar, 2013). Estos factores se clasifican en cuatro grupos: independientes, de enlace, autónomos y dependientes (Agrawal, 2019; Arcade, Godet, Meunier y Roubelat, 2004).

En consecuencia con esto, en la literatura especializada se encuentran estudios sobre la metodología ISM-MICMAC en diversas áreas de aplicación, por ejemplo, en la industria cementera y de la construcción (Saxena et al., 1992; Xu y Zou, 2020), en la gestión de la seguridad de la información (Chander et al., 2013), en el sector bancario (Shamshad, Sarim, Akhtar y Tabash, 2018), en cadenas de suministro (Dube y Gawande, 2016), en micronegocios (del Pilar et al., 2019), entre otros. Sin embargo, este tipo de estudios son escasos e inexistentes en el tema energético, sobresale solo el estudio de Alizadeh et al. (2016), de prospectiva estratégica para la industria energética iraní con el empleo de MICMAC.

Derivado de lo anterior, este estudio tuvo como objetivo modelar estructuralmente un conjunto de factores de alta prioridad para el futuro del mercado energético bajo el método ISM-MICMAC a partir del SARS-CoV-2.

### **3. Método de investigación**

Para lograr el objetivo planteado, el estudio se fundamentó en la metodología ISM-MICMAC, lo que implicó considerar etapas recurrentes en este tipo de estudios (Dube y Gawande, 2016; Gan, Chang, Zuo, Wen y Zillante, 2018; Xu y Zou, 2020).

#### *3.1 Etapa 1. Identificación de los factores críticos del mercado energético*

Esta fase implicó, además de una revisión teórica principalmente orientada en temas de seguridad energética, una depuración de los factores encontrados a través de la retroalimentación de diez expertos de México, laboralmente activos y con más de cinco años de experiencia en el campo energético: tres de Petróleos Mexicanos, dos de la Secretaría de Energía, dos de la Comisión Nacional de Hidrocarburos, dos de la Comisión Reguladora de Energía y uno del Legislativo Federal. La información se obtuvo a partir de entrevistas en formato electrónico efectuadas en agosto del año 2020.

#### *3.2 Etapa 2. Identificación de las relaciones contextuales entre los factores críticos del mercado energético*

Se construyó la matriz de adyacencia (MAd) a partir de los factores críticos del mercado energético (FCME) identificados, que sugieren la relación contextual entre los factores a partir de la opinión de los de expertos. Las relaciones contextuales en la MAd se describen mediante las letras V, X, A, O. V significa que el FCME *i* conduce a FCME *j*; A significa que el FCME *j* conduce a FCME *i*; X significa que FCME *i* y FCME *j* influyen entre sí; O significa que FCME *i* y FCME *j* no están relacionados. Esta identificación de relaciones se llevó a cabo mediante un panel virtual con la participación de siete de los diez expertos: dos de Petróleos Mexicanos, dos de la Secretaría de Energía, uno de la Comisión Nacional de Hidrocarburos, otro de la Comisión Reguladora de Energía y uno del Legislativo Federal. El panel se realizó el día 13 de agosto del año 2020.

#### *3.3 Etapa 3. Desarrollo de la matriz de transitividad*

A partir de la MAd, que demuestra las relaciones directas entre los FCME, se construyó la matriz de transitividad (MTri), que además de las relaciones directas contempla las indirectas. Para ello, se siguieron dos pasos: en primer lugar se desarrolló la matriz de transitividad inicial (MTri) y se reemplazaron las letras V, A, X, O de la MAd con valores binarios 1 y 0 bajo las siguientes reglas (Gan et al., 2018; Shen, Song, Wu, Liao y Zhang, 2016):

- La letra V en la celda  $(i,j)$  de la MAd indica convertir en la MTri la celda  $(i,j)$  en 1 y la celda  $(i,j)$  en 0.
- La letra A en la celda  $(i,j)$  de la MAd indica convertir en la MTri la celda  $(i,j)$  en 0 y la celda  $(i,j)$  en 1.
- La letra X en la celda  $(i,j)$  de la MAd indica convertir en la MTri la celda  $(i,j)$  en 1 y también la celda  $(i,j)$  en 1.
- La letra O en la celda  $(i,j)$  de la MAd indica convertir en la MTri la celda  $(i,j)$  en 0 y la celda  $(i,j)$  también en 0.

En segundo lugar, se aplicó la regla de transitividad a la MTri, que establece que si un atributo  $\alpha$  está relacionado con  $\beta$  y  $\beta$  está relacionado con  $\gamma$ , entonces  $\alpha$  está necesariamente relacionado, aunque indirectamente con  $\gamma$ . La transitividad de

la matriz representada en un grafo directo  $G = [V, E]$  se puede obtener a partir del algoritmo de Floyd-Warshall [Katz y Kider, 2008] como se muestra en la ecuación 1:

$$w_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{si } j = 1 \\ \text{peso de la arista } (i, j) & \text{si } i \neq j \text{ y } (i, j) \in E \\ \infty & \text{si } i \neq j \text{ y } (i, j) \notin E \end{cases} \quad (1)$$

Una definición recursiva de la formulación anterior está dada por la siguiente ecuación 2:

$$d_{ij}^k = \begin{cases} w_{ij} & \text{si } k = 0 \\ \min(d_{ij}^{(k-1)}, d_{ik}^{(k-1)} + d_{kj}^{(k-1)}) & \text{si } k \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

Donde  $d_{ij}^k$  son los pesos de la trayectoria corta del vértice  $i$  al vértice  $j$  para todos los vértices intermedios del conjunto  $\{1, 2, 3, \dots, k\}$ , donde  $k = 0$  implica  $d_{ij}^0 = w_{ij}$ .

### 3.4 Etapa 4. Estructura jerárquica. Partición de la matriz de transitividad y modelo ISM

Es un proceso iterativo de jerarquización de los factores de la MTr que son identificados de acuerdo con su accesibilidad, antecedente e intersección; estos factores se partitionan en niveles según su comunidad o intersección entre ellos y con base en los factores que puedan influir o que los influyan [Luthra et al., 2014; Shen et al., 2016].

### 3.5 Etapa 5. Clasificación de los FCME con MICMAC

El poder de influencia y de dependencia se puede calcular sumando todos los valores de una fila o columna respectivamente en la MTr. Se clasifican, según Arcade et al. (2004), en independientes (poca dependencia y fuerte influencia), de enlace (fuerte dependencia y fuerte poder de influencia), autónomos (poco influyentes y poco dependientes) y dependientes (fuerte dependencia y poco poder de influencia).

## 4. Resultados

### 4.1 Etapa 1. Identificación de los factores críticos

En esta fase, con el apoyo del método heurístico multidimensional STEEPVL (social, tecnológico, económico, ecológico, político, valores y legal), se identificaron y clasificaron a partir de una revisión teórica los factores potenciales que presumiblemente afectan el futuro de la industria energética por el SARS-CoV-2 (FCME). Estos factores suelen ser una base para los métodos prospectivos en la construcción de escenarios [Nazarko et al., 2017]. Se encontraron 23 factores; no obstante, el panel de diez expertos del sector energético seleccionó los de alta prioridad y a través de un procedimiento de discriminación, que se basó en valores de moda estadística, se eligieron aquellos por encima de tres en una escala Likert de cinco anclajes (0 nada crítico a 5 altamente crítico). Los factores resultantes se muestran en la tabla 1.

### 4.2 Etapa 2. Identificación de las relaciones contextuales y construcción de la matriz de adyacencia

En esta etapa se identificaron las relaciones contextuales por comparación entre pares de los 12 factores críticos (FCME) y a partir de la retroalimentación de los siete expertos del sector energético.

Como regla de facto de la metodología ISM-MICMAC se consideró el uso de las cuatro letras V, A, X y O para construir la MAd (tabla 2).

Las relaciones de efectos directos en mayor grado se encontraron en f1 (descarbonización), f3 (inversión privada) y f5 (gasto público al desarrollo energético) con otros factores, mientras que las relaciones de menor efecto directo fueron f4 (límites y participación de mercado), f9 (estrategias de planeación energética), f10 (preferencias de consumo), f11 (innovación tecnológica) y f12 (infraestructura física) con otros factores.

### 4.3 Etapa 3. Desarrollo de la matriz de transitividad

La MTr se obtiene al remplazar en la MAd anterior las letras de relación V, A, X y O por sus respectivos valores binarios de 0 y 1 bajo las reglas descritas. Para obtener la MTr final (tabla 3) se implementó el algoritmo iterativo de Floyd-Warshall, con apoyo de la herramienta computacional Maple ver 2020.1. Las entradas indicadas como 1\* representan las relaciones indirectas incorporadas por transitividad.

Uno de los factores que resultó con más relaciones indirectas fue f10 (preferencias de consumo), que se relacionó con f1 (descarbonización), f2 (supervisión de técnicas), f3 (inversión privada), f5 (gasto público al desarrollo energético) y f11 (innovación tecnológica); a su vez, el factor f2 (supervisión de técnicas) se vinculó transitivamente con los factores f1 (descarbonización), f3 (inversión privada), f6 (incentivos y estímulos fiscales) y f11 (innovación tecnológica).

### 4.4 Etapa 4. Estructura jerárquica: partición de la matriz de transitividad y modelo ISM

En esta etapa, la MTr desarrollada se partitiona iterativamente de acuerdo con la accesibilidad y antecedente de cada uno de los factores y los clasifica en un nivel jerárquico. Cada factor es analizado con base en su accesibilidad, es decir, según los factores que están influenciados por otros factores incluido él mismo (conjunto de accesibilidad) y a sus factores antecedentes que influyen en otros factores incluido él mismo (conjunto antecedente). El conjunto de intersección son los factores comunes incluidos en los conjuntos de accesibilidad y antecedentes. En caso de que este conjunto contenga los mismos factores que los de accesibilidad, se jerarquiza en el nivel que le corresponda según la iteración y se descarta del resto de las iteraciones en caso de ser necesarias (tabla 4).

**Tabla 1.** Factores críticos en la perspectiva del mercado energético

Tipo	Factores críticos (FCME)	Descripción	Referencia
Ambiental	f1 Descarbonización	La descarbonización implica la reducción en el uso de combustibles fósiles, un equilibrio en el balance de emisiones, el suministro de energía verde y el cumplimiento de los compromisos suscritos en el Acuerdo de París.	Foundational Economy Collective (2020); Gössling y Higham (2020).
	f2 Supervisión de técnicas	Los métodos y técnicas empleados en la industria pueden provocar efectos importantes en el medio ambiente, por ello se requiere un uso sustentable y eficiente que aminore el daño al medio.	Jackson et al. (2014).
Económico	f3 Inversión privada	Se ha invertido y financiado considerablemente proyectos basados en combustibles fósiles y se han creado carteras con alto contenido de carbono que ahora representan un "valor en riesgo". Para tener carteras creíbles en el futuro y prevenir la inestabilidad del sistema financiero, los inversionistas y prestamistas deben favorecer la transición a mercados crecientes con bajas emisiones de carbono.	Johnson et al. (2015); Campiglio (2016); Polzin (2017); Campiglio et al. (2018).
	f4 Límites y participación de mercado	Existen restricciones y límites que se definen a través de acuerdos, negociaciones y regulaciones que establecen el marco de actuación tanto de actores privados como públicos en el sector energético.	Carbonara y Pellegrino (2018).
	f5 Gasto público al desarrollo energético	El gasto público destinado a moderar los efectos de la COVID-19 y la inversión en proyectos del sector incidirá en la recuperación y futuro de la energía.	Mundaca (2017).
Legal	f6 Incentivos y estímulos fiscales	Los gobiernos cuentan con herramientas como los estímulos fiscales y otra clase de incentivos para acelerar la recuperación.	Yoshino y Taghizadeh-Hesary (2018).
	f7 Modificaciones regulatorias y normativas de transición	El marco jurídico tiene un rol preponderante ya que establece normas que sustentan diversos criterios y reglas del juego para el sector.	Banovac, Glavić y Tešnjak (2009).
Político	f8 Restricciones políticas	El contexto político influye en la dinámica internacional y local del sector energía, las restricciones políticas son elementos clave que es necesario considerar al analizar el sector.	Cowell y Devine-Wright (2018).
	f9 Estrategias de planeación energética	Las decisiones que toman las naciones y sus gobernantes en cuanto a las directrices y líneas de acción que habrán de seguir son esenciales para entender el presente y futuro de la energía.	Debnath y Mourshed (2018); Moret, Babonneau, Bierlaire y Maréchal (2020).
Social	f10 Preferencias de consumo	El uso de la energía depende además de su valor y disponibilidad, de los patrones y preferencias de consumo de los usuarios.	Heiskanen, Johnson, Robinson, Vadovics y Saastamoinen (2010).
Tecnológico	f11 Innovación tecnológica	El sector energético es altamente sensible a los cambios e innovación tecnológica.	Sagar, y Van der Zwaan (2006); Herring y Roy (2007).
	f12 Infraestructura física	El aprovechamiento de los recursos energéticos depende en gran medida de la capacidad e infraestructura técnica disponible para la transformación y aprovechamiento.	Bridge, Özkanak, y Turhan (2018).

Fuente: elaboración propia a partir de los autores citados.

**Tabla 2.** Matriz de adyacencia

FCME	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8	f9	f10	f11	f12
Descarbonización	f1	1	V	0	0	A	0	A	0	0	A	0
Supervisión de técnicas	f2		1	0	0	V	0	0	0	A	0	0
Inversión privada	f3			1	0	X	0	A	A	0	0	0
Límites y participación de mercado	f4				1	0	0	0	0	0	0	0
Gasto público al desarrollo energético	f5					1	0	A	A	0	0	V
Incentivos y estímulos fiscales	f6						1	0	0	A	0	A
Modificaciones regulatorias y normativas	f7							1	V	A	0	0
Restricciones políticas	f8								1	0	A	0
Estrategias de planeación energética	f9									1	0	0
Preferencias de consumo	f10										1	0
Innovación tecnológica	f11										1	0
Infraestructura física	f12											1

V: FCME i conduce a CFF j; A: FCME j conduce CFF i; y X: FCME i y FCME j se influyen mutuamente; y 0: FCME i y FCME j no están relacionados.

Fuente: elaboración propia.

Se distinguen 6 niveles estructurales; mientras que en el nivel 1 están los factores límites y la participación de mercado (f4), incentivos y estímulos fiscales (f6) e infraestructura física (f12), en el nivel 6 está el factor estrategias de planeación energética (f9). Esta estructura estratificada proporciona el fundamento para la construcción del modelo ISM ([figura 1](#)). El nivel inferior sugiere que estos factores

son afectados por otros factores de los niveles subsecuentes, mientras que los niveles superiores indican que estos factores situados en la parte inferior de la jerarquía pueden ejercer una gran influencia en el futuro del mercado energético. Los factores en los niveles intermedios indican que influyen en los factores del nivel superior, pero también son influidos por factores del nivel inferior.

**Tabla 3.** Matriz de transitividad final

FCME		f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8	f9	f10	f11	f12	Pin
Descarbonización	f1	1	1	1*	0	1*	1*	0	0	0	0	1*	0	6
Supervisión de técnicas	f2	1*	1	1*	0	1	1*	0	0	0	0	1*	0	6
Inversión privada	f3	1*	1*	1	0	1	1*	0	0	0	0	1*	0	6
Límites y participación de mercado	f4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Gasto público al desarrollo energético	f5	1	1*	1	0	1	1*	0	0	0	0	0	1	0
Incentivos y estímulos fiscales	f6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Modificaciones regulatorias y normativas	f7	1	1*	1	0	1	1*	1	1	0	0	1*	0	8
Restricciones políticas	f8	1*	1*	1	0	1	1*	0	1	0	0	1*	0	7
Estrategias de planeación energética	f9	1	1	1*	0	1*	1	1	1*	1	0	1*	0	9
Preferencias de consumo	f10	1*	1*	1*	0	1*	1*	0	1	0	1	1*	0	8
Innovación tecnológica	f11	1	1*	1*	0	1*	1	0	0	0	0	1	0	6
Infraestructura física	f12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Pde		9	9	9	1	9	10	2	4	1	1	9	1	65

Pin: Poder de influencia y Pde: Poder de dependencia.

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 4.** Estructura jerárquica

FCME	Conjunto de accesibilidad	Conjunto antecedente	Conjunto intersección	Nivel
f1	f1,f2,f3,f5,f6,f11	f1,f2,f3,f5,f7,f8,f9, f10,f11	f1,f2,f3,f5,f11	2
f2	f1,f2,f3,f5,f6,f11	f1,f2,f3,f5,f7,f8,f9, f10,f11	f1,f2,f3,f5,f11	2
f3	f1,f2,f3,f5,f6,f11	f1,f2,f3,f5,f7,f8,f9, f10,f11	f1,f2,f3,f5,f11	2
f4	f4	f4	f4	1
f5	f1,f2,f3,f5,f6,f11	f1,f2,f3,f5,f7,f8,f9, f10,f11	f1,f2,f3,f5,f11	2
f6	f6	f1,f2,f3,f5,f6,f7,f8, f9,f10,f11	f6	1
f7	f1,f2,f3,f5,f6,f7, f8,f11	f7,f9	f7	5
f8	f1,f2,f3,f5,f6,f8,f11	f7,f8,f9,f10	f8	4
f9	f1,f2,f3,f5,f6,f7,f8, f9,f11	f9	f9	6
f10	f1,f2,f3,f5,f6,f8, f10,f11	f10	f10	5
f11	f1,f2,f3,f5,f6,f11	f1,f2,f3,f5,f7,f8,f9, f10,f11	f1,f2,f3,f5	3
f12	f12	f12	f12	1

Fuente: elaboración propia.

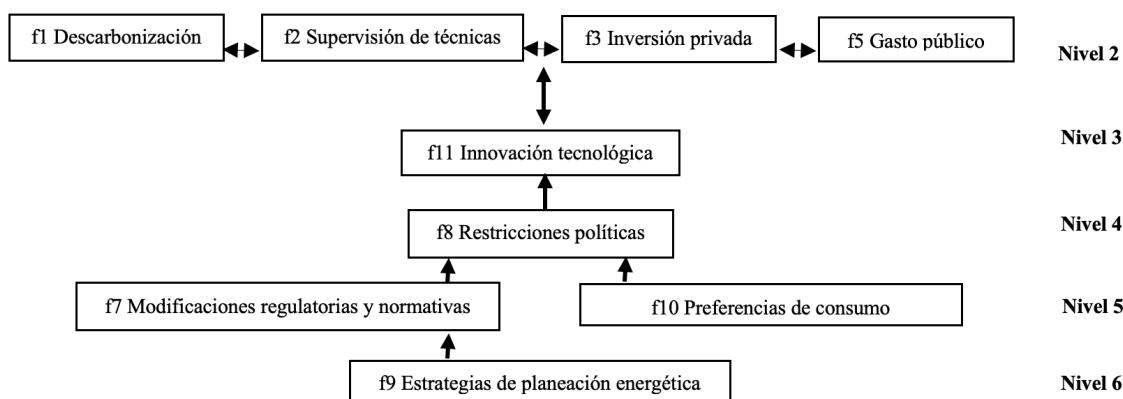
Se observa también que solo un factor (f1 infraestructura física) se clasificó en el nivel 3, del mismo modo en el nivel 4 (f8 restricciones políticas) y en el nivel 6 (f9 estrategias de planeación energética). Mientras que de los factores límites y participación de mercado (f4), incentivos y estímulos fiscales (f6) e infraestructura física (f12), clasificados en el nivel 1, solo el factor incentivos y estímulos fiscales (f6) se relacionó con los factores del nivel 2. Los factores límites y participación de mercado (f4) e infraestructura física (f12) no se relacionan con ningún otro factor de la estructura, lo que indica que son independientes. En tanto los factores descarbonización (f1), supervisión de

técnicas (f2), inversión privada (f3) y gasto público al desarrollo energético (f5) del nivel 2 se interrelacionan entre sí y, además, con el factor del nivel 3 de innovación tecnológica (f11). Estos factores, por encontrarse en estos niveles intermedios, transfieren influencia al nivel 1 y a su vez son influidos por el factor del nivel 4, aunque también por niveles inferiores. Por su parte, los factores de restricciones políticas (f8) e innovación tecnológica (f11) juegan un papel importante en la cadena de influencia al ser los puentes de niveles inferiores a superiores. Es entonces que el modelo ISM presentado describe las relaciones de influencia de los factores en el sistema.

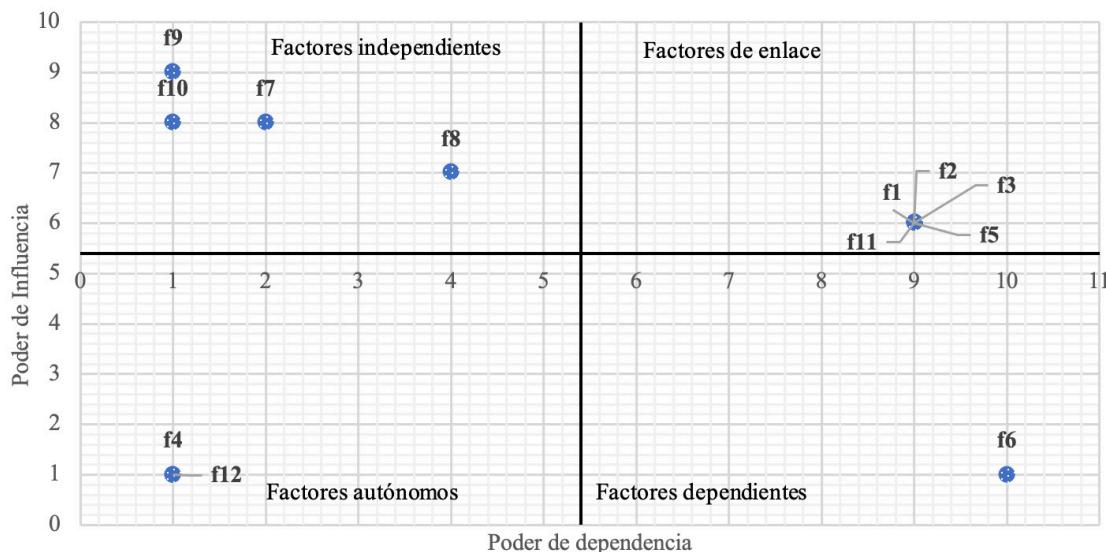
#### 4.5 Etapa 5. Clasificación MICMAC

En consideración al poder de influencia y el poder de dependencia obtenidos en la MTr final ([tabla 4](#)), los 12 FCME se clasificaron en autónomos, dependientes, de enlace e independientes ([figura 2](#)).

Cuatro de los factores —modificaciones regulatorias y normativas (f7), restricciones políticas (f8), estrategias de planeación energética (f9) y preferencias de consumo (f10)— son independientes con alto poder de influencia y bajo poder de dependencia; son los factores a los que se les debe prestar mayor atención, particularmente, al factor estrategias de planeación energética (f9), pues se encuentra de igual forma en el nivel 6 del modelo ISM. Por su parte, los factores límites de participación de mercado (f4) e infraestructura física (f12) son autónomos, por lo que tienen bajo poder de influencia y bajo poder de dependencia; estos factores, al tener pocos vínculos con el sistema, no es fácil que afecten ni se vean influenciados por otros factores del mercado energético. Cinco factores —descarbonización (f1), supervisión de técnicas (f2), inversión privada (f3), gasto público al desarrollo energético (f5) e innovación tecnológica (f11)— son de enlace, por lo que tienen alto poder de influencia y alto poder de dependencia, cualquier acción sobre estos factores tendrá un efecto de reacción sobre los otros factores y sobre ellos mismos.



**Figura 1.** Modelo ISM basado en los factores del mercado energético.  
Fuente: elaboración propia.



**Figura 2.** Factores estratificados en poder de influencia / dependencia.  
Fuente: elaboración propia.

Finalmente, el factor incentivos y estímulos fiscales (f6) se clasifica como dependiente, pues tiene bajo poder de influencia y alto poder de dependencia. Este factor es influido por los de enlace (f1, f2, f3, f5 y f11) y los independientes (f7, f8, f9, f10), por lo que es menos probable que afecte a otros factores. Por tanto, cualquier estrategia diseñada para los factores independientes o los de enlace, en consecuencia, influirá en los factores dependientes. En este sentido, los resultados de MICMAC complementan al modelo estructural ISM y conjuntamente orientan sobre las estrategias que deben ser consideradas e implementadas [tabla 5].

## 5. Conclusiones

A partir de la crisis económica y sanitaria desencadenada por el SARS-CoV-2, el mercado energético experimentó variaciones en su operación que han impactado a los sectores que están altamente interconectados y al mismo tiempo ha puesto nuevamente en la agenda pública y privada la transformación eventual del sector hacia la generación y consumo de energías más sustentables. No obstante, el impacto total de la pandemia en el mercado energético dista mucho de determinarse. En el análisis ISM de la

investigación, se identificaron 12 factores estructurados jerárquicamente en seis niveles, mientras que al aplicar el análisis MICMAC se identificaron cuatro factores independientes —modificaciones regulatorias y normativas (f7), restricciones políticas (f8), estrategias de planeación energética (f9) y preferencias de consumo (f10)—, que por su alto poder de influencia resultan fundamentales y de alta prioridad para comprender la prospectiva del mercado energético. El principal de ellos por su alto nivel jerárquico resultó ser estrategias de planeación energética (f9), factor en el que se puede replantear el tránsito de una política económica de libre mercado y privatizadora hasta la soberanía energética con el fortalecimiento de las empresas productivas del Estado, o bien, consideraciones hacia factores internos como la demanda de energía, disponibilidad de recursos, características y requerimientos de la industria, aprovechamiento de energías renovables, crecimiento poblacional y preferencias de consumo, o hacia factores externos como las tendencias globales, los acuerdos y pactos internacionales que limitaran el uso de algún combustible, los niveles en la contaminación ambiental, los requerimientos de las naciones que concentran la mayor demanda y en cuanto al valor y precio de mercado de los energéticos.

**Tabla 5.** Estrategias en la gestión del mercado energético

Factores críticos mercado energético	Estrategias
Independientes	
Modificaciones regulatorias y normativas [f7], restricciones políticas [f8], estrategias de planeación energética [f9] y preferencias de consumo [f10]	Apojar el desarrollo del mercado de la energía y aumentar la participación de actores públicos y privados  Impulso al desarrollo de la energía renovable Mejorar la competitividad en la generación de energía Intercambio de insumo-producto entre empresas productoras y distribuidoras de energía basado en valores regionales de vectores de energía
De enlace	
Descarbonización [f1], supervisión de técnicas [f2], inversión privada [f3], gasto público al desarrollo energético e innovación tecnológica [f11]	Equilibrar el balance de emisiones contaminantes y formular acciones para el cumplimiento de los acuerdos de París  Incremento a la fiscalización del gasto público con el objetivo de reorientar y fortalecer a la industria con análisis sólidos y los hallazgos reportados Impulsar el apoyo científico y tecnológico para el uso intensivo de litio, hidrógeno verde Promover el uso de técnicas sustentables que presenten un impacto menor en el medioambiente
Dependientes	
Incentivos y estímulos fiscales [f6]	Implementar estímulos fiscales para inversionistas de energías renovables  Reducir la carga tributaria a aquellas industrias o empresas que demuestren una reducción de los contaminantes Apoyo financiero y técnico por parte del gobierno de proyectos de optimización del consumo de energía
Autónomos	
Límites a participación de mercado [f4] e infraestructura física [f12]	Establecer límites claros entre la participación de los actores privados y públicos  Formar alianzas estratégicas con otros países para garantizar el suministro de energía Mejorar la seguridad energética y mayor supervisión gubernamental Adoptar las mejores prácticas internacionales en beneficio del sector

Fuente: elaboración propia.

De igual forma, las restricciones políticas [f8] son otro factor clave en el mercado energético, que puede derivarse de las decisiones e intereses de cada país en contra de la agenda internacional o por el surgimiento de eventuales conflictos entre ellos. En tanto que las preferencias de consumo [f10] asociadas a las necesidades de un determinado energético también influyen en las fluctuaciones y volatilidad del mercado. Especial atención requieren las modificaciones regulatorias y normativas [f7], por ejemplo, la entrada en vigor en enero de 2020 de los límites del uso de combustóleo con alto contenido de azufre, especialmente para el transporte marítimo.

Los factores identificados, aunque se infieren dinámicos en cuanto a su nivel estructural para mercados locales, como lo ha sido para el de México, suelen ser recurrentes en el tema de seguridad desde la perspectiva del mercado energético global. Sin embargo, para la crisis sanitaria de SARS-CoV-2 deben considerarse con especial énfasis por el sector gubernamental y privado para la planeación estratégica y definición de políticas públicas para el desarrollo del sector.

Finalmente, cabe señalar la limitante que tiene esta investigación en cuanto a la visión de expertos de una sola región, por lo que es necesario incluir en trabajos futuros la selección de expertos a una escala internacional.

## Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

- Agrawal, N. M. (2019). Modeling Deming's quality principles to improve performance using interpretive structural modeling and MICMAC analysis. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 36(7), 1159-1180. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-07-2018-0204>
- Alizadeh, R., Lund, P. D., Beynagi, A., Abolghasemi, M. y Maknoon, R. (2016). An integrated scenario-based robust planning approach for foresight and strategic management with application to energy industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 104, 162-171. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.11.030>
- Arcade, J., Godet, M., Meunier, F. y Roubelat, F. (2004). *Análisis estructural con el método Micmac y estrategia de los actores con el método Mactor*. Buenos Aires: BCNA.
- Banovac, E., Glavić, M. y Tešnjak, S. (2009). Establishing an efficient regulatory mechanism. Prerequisite for successful energy activities regulation. *Energy*, 34(2), 178-189. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.10.002>
- International Finance Corporation (2020). The Impact of COVID-19 on the Power Sector. Recuperado el 11 de junio de 2020, de: <https://n9.cl/l88g3>
- BP. (2020). Statistical Review of World Energy, 2020 | 69th Edition. Bp, 66. Recuperado el 13 de agosto de 2020, de: <https://n9.cl/b621>
- Bridge, G., Özkanak, B. y Turhan, E. (2018). Energy infrastructure and the fate of the nation: Introduction to special issue. *Energy Research y Social Science*, 41, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.04.029>

- Campiglio, E. (2016). Beyond carbon pricing: The role of banking and monetary policy in financing the transition to a low-carbon economy. *Ecological Economics*, 121, 220-230.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.03.020>
- Campiglio, E., Dafermos, Y., Monnin, P., Ryan-Collins, J., Schotten, G. y Tanaka, M. (2018). Climate change challenges for central banks and financial regulators. *Nature Climate Change*, 8(6), 462-468.  
<https://doi.org/10.1038/s41558-018-0175-0>
- Carbonara, N. y Pellegrino, R. (2018). Public-private partnerships for energy efficiency projects: A win-win model to choose the energy performance contracting structure. *Journal of Cleaner Production*, 170, 1064-1075. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.151>
- Cowell, R. y Devine-Wright, P. (2018). A 'delivery-democracy dilemma'? Mapping and explaining policy change for public engagement with energy infrastructure. *Journal of Environmental Policy y Planning*, 20(4), 499-517. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2018.1443005>
- Chander, M., Jain, S. K. y Shankar, R. (2013). Modeling of information security management parameters in Indian organizations using ISM and MICMAC approach. *Journal of Modelling in Management*, 8(2), 171-189. <https://doi.org/10.1108/JM2-10-2011-0054>
- Debnath, K. B. y Mourshed, M. (2018). Challenges and gaps for energy planning models in the developing-world context. *Nature Energy*, 3(3), 172-184. <http://dx.doi.org/10.1038/s41560-018-0095-2>
- del Pilar, E. C., Alegado, I. y Bongo, M. F. (2019). Structural relationships among critical failure factors of microbusinesses. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 27(1), 148-174.  
<https://doi.org/10.1108/JSBED-01-2019-0001>
- Diabat, A. y Govindan, K. (2011). An analysis of the drivers affecting the implementation of green supply chain management. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(6), 659-667.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.12.002>
- Dube, A. S. y Gawande, R. S. (2016). Analysis of green supply chain barriers using integrated ISM-fuzzy MICMAC approach. *Benchmarking*, 23(6), 1558-1578.  
<https://doi.org/10.1108/BIJ-06-2015-0057>
- European Parliament (2020). Towards a more resilient Europe post-coronavirus: An initial mapping of structural risks facing the EU. Recuperado el 7 de agosto de 2020, de: <https://n9.cl/s9b8l>
- Filipović, S., Radovanović, M. y Golušin, V. (2018). Macroeconomic and political aspects of energy security - Exploratory data analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 97, 428-435.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.058>
- Foundational Economy Collective - FEC. (2020). ¿Qué viene después de la pandemia? Un programa de diez puntos para la renovación fundamental. *El Trimestre Económico*, 87(347), 899-917.  
<https://doi.org/10.20430/ete.v87i347.1109>
- Gan, X., Chang, R., Zuo, J., Wen, T. y Zillante, G. (2018). Barriers to the transition towards off-site construction in China: An Interpretive structural modeling approach. *Journal of Cleaner Production*, 197, 8-18. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.184>
- Gasser, P. (2020). A review on energy security indices to compare country performances. *Energy Policy*, 139, 111339, 1-17.  
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111339>
- Gillingham, K. T., Knittel, C. R., Li, J., Ovaere, M. y Reguant, M. (2020). The Short-run and Long-run Effects of Covid-19 on Energy and the Environment. *Joule*, 4(7), 1337-1349.  
<https://doi.org/10.1016/j.joule.2020.06.010>
- Godet, M., Durance, P. y Gerber, A. (2013). Strategic foresight la prospective use and misuse of scenario building. *The Circle of Future Entrepreneurs*. Recuperado el 3 de marzo de 2020, de: <https://n9.cl/iw9q>
- Gössling, S. y Higham, J. (2020). The low-carbon imperative: Destination management under urgent climate change. *Journal of Travel Research*, 1-13. <https://doi.org/10.1177/0047287520933679>
- Heiskanen, E., Johnson, M., Robinson, S., Vadovics, E. y Saastamoinen, M. (2010). Low-carbon communities as a context for individual behavioural change. *Energy Policy*, 38(12), 7586-7595.  
<https://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2009.07.002>
- Herring, H. y Roy, R. (2007). Technological innovation, energy efficient design and the rebound effect. *Technovation*, 27(4), 194-203.  
<https://doi.org/10.1016/j.technovation.2006.11.004>
- Jackson, R. B., Vengosh, A., Carey, J. W., Davies, R. J., Darrah, T. H., O'sullivan, F. y Pétron, G. (2014). The environmental costs and benefits of fracking. *Annual review of Environment and Resources*, 39, 327-362.  
<https://doi.org/10.1146/annurev-environ-031113-144051>
- Johnson, N., Krey, V., McCollum, D. L., Rao, S., Riahi, K. y Rogelj, J. (2015). Stranded on a low-carbon planet: Implications of climate policy for the phase-out of coal-based power plants. *Technological Forecasting and Social Change*, 90, 89-102.  
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.02.028>
- Kannan, G., Pokharel, S. y Kumar, P. S. (2009). A hybrid approach using ISM and fuzzy TOPSIS for the selection of reverse logistics provider. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(1), 28-36.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.06.004>
- Katz, G. J. y Kider, J. T. (2008). All-pairs shortest-paths for large graphs on the GPU. *Proceedings of the SIGGRAPH/Eurographics Workshop on Graphics Hardware*, 47-55.
- Keenan, M. y Popper, R. (2008). Comparing foresight "style" in six world regions. *Foresight*, 10(6), 16-38.  
<https://doi.org/10.1108/14636680810918568>
- Kisel, E., Hamburg, A., Härm, M., Leppiman, A. y Ots, M. (2016). Concept for Energy Security Matrix. *Energy Policy*, 95, 1-9.  
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.04.034>
- Kruyt, B., van Vuuren, D. P., de Vries, H. J. M. y Groenenberg, H. (2009). Indicators for energy security. *Energy Policy*, 37(6), 2166-2181.  
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.02.006>
- Kuzemko, C., Bradshaw, M., Bridge, G., Goldthau, A., Jewell, J., Overland, I., Scholten, D.... y Westphal, K. (2020). Covid-19 and the politics of sustainable energy transitions. *Energy Research and Social Science*, 68, 101685.  
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101685>
- Luthra, S., Kumar, S., Kharb, R., Ansari, M. F. y Shimmi, S. L. (2014). Adoption of smart grid technologies: An analysis of interactions among barriers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 554-565. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.030>
- Moret, S., Babonneau, F., Bierlaire, M. y Maréchal, F. (2020). Decision support for strategic energy planning: A robust optimization framework. *European Journal of Operational Research*, 280(2), 539-554. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.06.015>
- Mundaca, G. (2017). Energy subsidies, public investment and endogenous growth. *Energy Policy*, 110, 693-709.  
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.08.049>
- Nazarko, J., Ejdys, J., Halicka, K., Nazarko, Ł., Kononiuk, A. y Olszewska, A. (2017). Factor Analysis as a tool supporting STEEPVL approach to the identification of driving forces of technological innovation. *Procedia Engineering*, 182, 491-496.  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.142>
- Peterson, G. D., Cumming, G. S. y Carpenter, S. R. (2003). Scenario planning: A tool for conservation in an uncertain world. *Conservation Biology*, 17(2), 358-366.  
<https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.01491.x>
- Polzin, F. (2017). Mobilizing private finance for low-carbon innovation. A systematic review of barriers and solutions, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 525-535.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.007>
- Popper, R. (2009). Mapping Foresight. Revealing how Europe and other world regions navigate into the future. In *EFMN, Luxembourg: Publications Office of the European Union, European Commission* [Issue November]. Recuperado el 3 de abril de 2020 de:  
<https://n9.cl/l3eew>
- Popper, R. y Teichler, T. (2011). 1st EFP Mapping report: Practical guide to mapping forward-looking activities [FLA] practices, players and outcomes. *European Foresight Platform*, 1-83. Recuperado el 5 de diciembre de 2019 de: <https://n9.cl/jt1md>
- Organización Mundial de la Salud (2020). *Coronavirus Disease (COVID-19) Pandemic*. Recuperado el 13 de julio de 2020 de: <https://n9.cl/t4jo8>
- Radovanović, M., Filipović, S. y Pavlović, D. (2017). Energy security measurement - A sustainable approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 1020-1032.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.02.010>
- Ramesh, A., Banwet, D. K. y Shankar, R. (2010). Modeling the barriers of supply chain collaboration. *Journal of Modelling in Management*, 5(2), 176-193. <https://doi.org/10.1108/17465661011061014>

- Sagar, A. D. y Van der Zwaan, B. (2006). Technological innovation in the energy sector: RyD, deployment, and learning-by-doing. *Energy policy*, 34(17), 2601-2608.  
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.04.012>
- Sagheer, S., Yadav, S. S. y Deshmukh, S. G. (2009). An application of interpretative structural modeling of the compliance to food standards. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 58(2), 136-159.  
<https://doi.org/10.1108/17410400910928734>
- Saxena, J. P., Sushil. y Vrat, P. (1992). Scenario building: A critical study of energy conservation in the Indian cement industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 41(2), 121-146.  
[https://doi.org/10.1016/0040-1625\(92\)90059-3](https://doi.org/10.1016/0040-1625(92)90059-3)
- Shamshad, M., Sarim, M., Akhtar, A. y Tabash, M. I. (2018). Identifying critical success factors for sustainable growth of Indian banking sector using interpretive structural modeling (ISM). *International Journal of Social Economics*, 45(8), 1189-1204.  
<https://doi.org/10.1108/IJSE-10-2017-0436>
- Shen, L., Song, X., Wu, Y., Liao, S. y Zhang, X. (2016). Interpretive structural modeling based factor analysis on the implementation of emission trading system in the Chinese building sector. *Journal of Cleaner Production*, 127, 214-227.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.151>
- Valdés, J. (2018). Arbitrariness in multidimensional energy security indicators. *Ecological Economics*, 145, 263-273.
- <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.09.002>
- Walker, W. E., Haasnoot, M. y Kwakkel, J. H. (2013). Adapt or perish: A review of planning approaches for adaptation under deep uncertainty. *Sustainability*, 5(3), 955-979.  
<https://doi.org/10.3390/su5030955>
- Wang, G. H., Wang, Y. X. y Zhao, T. (2008). Analysis of interactions among the barriers to energy saving in China. *Energy Policy*, 36(6), 1879-1889. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.02.006>
- Xu, X. y Zou, P. X. W. (2020). Analysis of factors and their hierarchical relationships influencing building energy performance using interpretive structural modelling (ISM) approach. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122650.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122650>
- Yadav, D. K. y Barve, A. (2015). Analysis of critical success factors of humanitarian supply chain: An application of Interpretive Structural Modeling. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 12, 213-225. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2015.01.008>
- Yoshino, N. y Taghizadeh-Hesary, F. (2018). Alternatives to private finance: Role of fiscal policy reforms and energy taxation in development of renewable energy projects. En V. Anbumozhi, K. Kalirajan y F. Kimura (Eds.), *Financing for low-carbon energy transition* (pp. 335-357). Singapore: Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-981-10-8582-6\\_13](https://doi.org/10.1007/978-981-10-8582-6_13)