

ISSN: 2594-0937

REVISTA ELECTRÓNICA MENSUAL

Debates sobre Innovación

DICIEMBRE
2019

VOLUMEN 3
NÚMERO 1

XVIII Congreso Latino Iberoamericano de Gestión Tecnológica
ALTEC 2019 Medellín



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA
Unidad Xochimilco



MEGI
MAESTRÍA EN ECONOMÍA, GESTIÓN
Y POLÍTICAS DE INNOVACIÓN



LALICS

LATIN AMERICAN NETWORK FOR ECONOMICS OF LEARNING,
INNOVATION AND COMPETENCE BUILDING SYSTEMS

TECNOLOGÍAS PARA LOS OBJETIVOS ENERGÉTICOS DE LAS ODS, EJERCICIO DE PROSPECTIVA EN EL PARADIGMA ENERGÉTICO COLOMBIANO.

Jorge Eliecer Carvajal Alcaraz
Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM, Colombia.
jorgecarvajal258174@correo.itm.edu.co

Fabian Mauricio Vélez Salazar
Institución Universitaria Pascual Bravo, Colombia.
mauricio.velez@pascualbravo.edu.co

Melisa Barrera
Universidad de Antioquia, Colombia
mbarrera@udea.edu.co

RESUMEN

Este artículo se hace una revisión sobre diferentes tecnologías de gestión y eficiencia energética, donde con una metodología cualitativa se hace una correlación de la adopción de dichas tecnologías al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), describiendo sus aspectos más relevantes y sus tendencias, resaltando las tecnologías como fuentes de energía no convencionales renovables, las Smart Energy y los vehículos eléctricos. Con la comprensión de estas tecnologías se hace un ejercicio de Prospectiva basado en un análisis Morfológico que permitió generar escenarios posibles del paradigma energético colombiano y que contribuyen a establecer perspectivas del impacto de la implementación de tecnologías energéticas sostenibles en un país en vía de desarrollo. Con el ejercicio surgieron tres escenarios: el primero resalta a Colombia como un País diverso en su matriz energética y con adopción de tecnologías de gestión energética, un segundo escenario la Generación eléctrica en Colombia sigue siendo moderada respecto al desarrollo de fuentes no convencionales de energía y el tercer escenario donde Colombia sigue apostando a los combustibles sólidos y con dificultades en la gobernabilidad por cuenta del impacto ambiental y el desabastecimiento energético. Con el análisis se evidencia la urgente adopción de tecnologías pertinentes para los objetivos energéticos del desarrollo sostenible.

Palabras Claves: Smart Grids, Fuentes no convencionales de Energía renovable, Smart Energy, eficiencia energética.

1 INTRODUCCIÓN

La actividad socio económica del hombre desde sus orígenes cambió la relación medioambiental, la porfiada urgencia de conservación del ser humano se ha sobrepuesto al ambiente natural, donde la dependencia energética lo ha llevado a la paradoja del desarrollo sostenible (WWF, 2018). El uso de los combustibles y su impacto en la evolución socioeconómica comenzó con la simple quema de madera para la cocción de alimentos, y generación de calor; pero a través de la historia su horizonte se amplió al explotar combustibles fósiles como el petróleo y el carbón incentivados por las revoluciones industriales. Esto aceleró no solo el progreso económico, sino el impacto al medio ambiente (Rodríguez Becerra & Mance, 2009).

Este exacerbado desarrollo, y la dependencia energética mundial acentuó la huella sobre el medio ambiente de tal manera, que en la era actual es mayor su impacto que la resiliencia natural del planeta, pues la humanidad consume en recursos el equivalente a 1,7 planetas por año, siendo un insostenible panorama que provocó fenómenos como el cambio climático que se detona como uno de los mayores problemas en el mundo actual (IPCC, 2019).

Ante la realidad de un cambio climático, las naciones están dirigiendo sus políticas al desarrollo sostenible, como la llamada agenda 2030, que fija precisamente el año 2030 como el límite en que la humanidad puede hacer algo para evitar la catástrofe medioambiental (ONU, 2016). De esta forma establecieron serios objetivos intergubernamentales conocidos como Objetivos Mundiales para el desarrollo sostenible (ODS), que es un llamado a las naciones para sostenibilidad social, económica y ambiental (Caceres, 2013).

Para el cumplimiento de los ODS es necesario la implementación no solo de políticas de parte de los estados sino de tecnologías y desarrollos innovadores, que permitan cerrar la brecha digital, mejorar la eficiencia energética, generar la sostenibilidad, realizar una rápida transición energética que acelere la competitividad de las naciones y permita la descarbonización de las economías (Claudio & Coviello, 2013). Así este artículo tiene por objetivo identificar cuáles son las tecnológicas de gestión energéticas que con su adopción permiten materializar, en parte, los objetivos ODS referentes al acceso a energías asequibles, fiables, sostenibles y modernas para la humanidad. Con la identificación de las dichas tecnologías se hace un ejercicio de prospectiva enmarcados en el contexto colombiano que ayude de reflexión sobre los paradigmas que se proyectan con la adopción de tecnologías para los ODS energéticos en países en vía de desarrollo.

2 METODOLOGÍA

Se realizó un análisis cualitativo a través de una revisión bibliográfica donde se enmarcaron según su pertinencia las tecnologías de gestión energética afines a los ODS energéticos como la filosofía de Smart energy y las fuentes no convencionales de energía. Se resaltaron las tecnologías con mayor proyección, acortando la información referente sobre tendencias, barreras técnicas, económicas, y actores importantes que contribuyan a establecer un panorama actual. Esta revisión de información se llevó al contexto colombiano con la cual se realizó un ejercicio de prospectiva, metodología analítico-combinatoria, que planteo una matriz de análisis con selección de diferentes drivers de acuerdo con estudios de prospectiva energética de Colombia. Que permitieron la creación de escenarios posibles donde se establece una correlación de la adopción de tecnologías de gestión y el desarrollo energético sostenible como lo plantea los ODS.

3 TECNOLOGÍAS EN EL MARCO DE LAS ODS

La gestión de la energía de manera eficiente y racional, su investigación y desarrollo tecnológico, son urgentes para el cumplimiento de las metas trazadas por los ODS (Colciencias, 2018), donde se pueden distinguir los siguientes objetivos como los de mayor afinidad para la adopción de dichas tecnologías:

Objetivo # 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.

Objetivo #9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación.

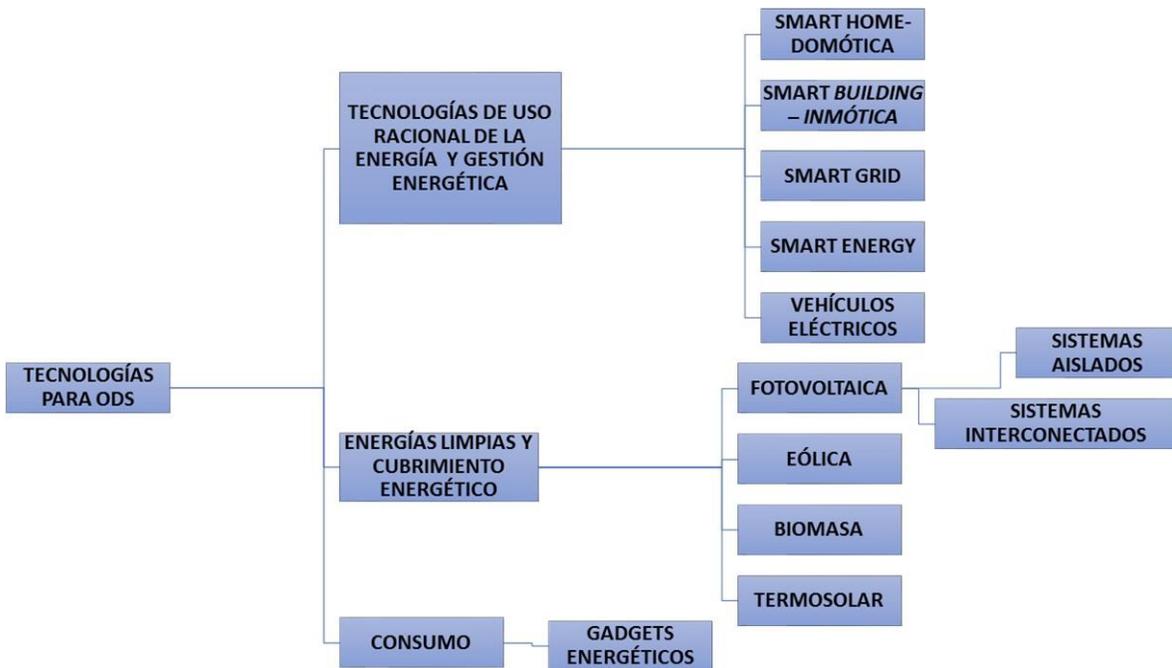
Objetivo #11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

Dichos objetivos exigen cerrar las brechas en la adopción de diferentes tecnologías en las que se rescatan por su pertinencia aquellas ligadas a tres conceptos como son: el uso racional y eficiente de la energía (URE), las energías limpias que permitan una rápida transición energética, y las tecnologías para la regulación del consumo energético (UPME, 2017) como se describen en la Figura1, donde cada uno de estos conceptos a su vez son apoyados con diferentes tecnologías las cuales se describirán en sus características más relevantes.

Figura 1. Tecnologías para la gestión y uso racional de la energía según los ODS energéticos.



Fuente: elaboración propia con base en (ENERTIC, 2018), (ONU, 2016)(OCDE, 2012)(ONUDI, 2016)(UPME, 2015)

4 TECNOLOGÍAS DE USO RACIONAL DE LA ENERGÍA Y GESTIÓN ENERGÉTICA

En este aspecto se cuenta con tecnologías que permiten un control distribuido de la energía en diferentes formas en las que se resaltan tecnologías como:

- **Smart home y Smart Building:** Estos son neologismos para tecnologías que vienen madurando como son la domótica e inmótica respectivamente, que buscan integrar aún más con sistemas de control, redes de datos, Big data e internet de las cosas (IOT) diferentes aspectos como el confort, seguridad, eficiencia y sostenibilidad energética. En este punto se tiene gran relevancia la integración no solo del control sino el uso de electrodomésticos cada vez más eficientes (Peccisa, Rodríguez, Morón, & García, 2016). Se estima que con sistemas domóticos e inmóticos medianamente inteligentes es posible lograr ahorros energéticos de más del 60%. En este aspecto también se destacan los sistemas de automatización básicos de luces que son los de mayor difusión y penetración de mercado impulsado por constructores que ven en el uso de estas tecnologías una mejora a sus propuestas de valor (Janco, 2012).

Pero el nivel de penetración en viviendas y edificios de estas tecnologías no superan el 5% en

países en vida de desarrollo como Colombia, siendo mayor en los países europeos y Estados Unidos con un promedio del 30% de viviendas que cuentan con mínimo un dispositivo de Smart home (Palomar, 2014). Si bien su crecimiento es sostenido, y se esperan mayores desarrollos y dispositivos tecnológicos, se presentan aspectos que no permiten su masificación como son: desconocimiento de la tecnología por parte de la población, en la relación costo beneficio todavía los usuarios lo consideran como bienes de lujo, falta de estándares universales ya que se cuentan con muchos fabricantes que manejan sus propios protocolos y éstos, al ser cerrados, no permiten en muchas ocasiones sistemas multiplataformas o mixtos para una integración tecnológica. (Janco, 2012).

- **Smart energy y Smart Grids:** este tipo de tecnologías permiten el control de múltiples fuentes de energía gestionando desde la generación, distribución y consumo final, con lo que se garantiza la disponibilidad energética, ahorro, integración a gran escala de sistemas de energías renovables, transmisión más eficiente de la electricidad y control de consumos en sistemas macros orientados a integrar la energía en diferentes formas como redes eléctricas, distritos térmicos y de climatización (Lund, Østergaard, Connolly, & Mathiesen, 2017). Estos conceptos tecnológicos son referentes para los ODS, cuando se estima que más del 80% de población mundial se concentrarán en las próximas décadas en las ciudades, presentando dificultades en la gobernabilidad, la productividad y la sostenibilidad. Se necesita un avance decidido en este tipo de tecnologías, pues precisamente, son estas plataformas en las que sustentará el futuro de las llamadas Smart Cities (Noppers, Keizer, Milovanovic, & Steg, 2016).

Si bien actualmente las Smart energy y Smart Grids son conceptos tecnológicos que todavía exigen un mayor avance e investigación. Se destacan dispositivos con tecnologías ya más maduras como los Smart Metering que permiten el monitoreo de variables de consumo de diferentes fuentes, dispositivos o maquinas en el caso de las industrias. Estas tecnologías también generan reportes, y alertas con un alto grado de integración para la autogestión y regulación energética (Felipe & Toro, 2018). Los Smart Metering cambian el paradigma del consumidor pasivo, a uno nuevo donde es protagonista, ya que los medidores inteligentes al recoger y procesar enormes cantidades de datos proporcionan herramientas para que el consumidor final pueda elegir tarifas adecuadas a sus necesidades, mediante la reducción de consumo, emisiones contaminantes y costos (Téllez Gutiérrez, Rosero García, & Céspedes Gandarillas, 2018).

- **Los vehículos eléctricos:** junto con los sistemas de transportes masivos serán en el futuro actores principales para la sostenibilidad de las ciudades, justo cuando se evidencia como el deterioro del aire con gases contaminantes, golpean la gobernabilidad y productividad de las ciudades ante las pandemias de enfermedades pulmonares. Pero la realidad aún dista de las necesidades medioambientales ya que la matriz energética mundial muestra como el sector transporte representa el 30% del consumo energético y de éste el petróleo cubre la demanda del

91% (REN21, 2016). Lo que demuestra una baja adopción en la sostenibilidad del transporte, que en el caso de los vehículos eléctricos está a la espera de tecnologías disruptivas en baterías acumuladoras de energía ya que la autonomía y el tiempo de recarga no son competitivas con respecto a los combustibles sólidos (Nava, 2017).

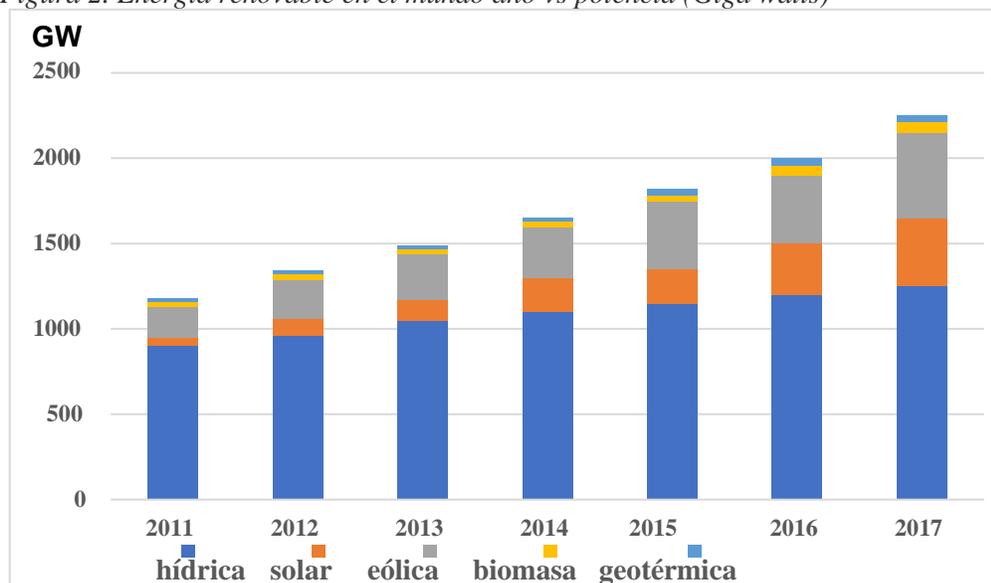
5 FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA RENOVABLES (FNCR).

Las energías renovables no convencionales se refieren a las fuentes que tienen un comportamiento de generación continua, siendo inagotables a escala humana. Se renuevan a diferencia de las energías convencionales como los combustibles fósiles en el caso del carbón y el petróleo, y su eficiencia en la generación de gases de efecto invernadero las hacen considerar como energías limpias (Hoyos, Jaime, & Dynner, 2017).

El paradigma mundial exige el uso de las tecnologías relacionadas con las FNCR para el cumplimiento de las metas de los ODS, actualmente el 81% de la energía consumida a nivel mundial proviene de fuentes fósiles, mientras que el 19% restante proviene de fuentes renovables (Robles & Rodriguez, 2018). Estas últimas se encuentran asociadas principalmente con el uso tradicional de la biomasa en aplicaciones como la leña para cocción de alimentos, calentamiento de espacios y la generación hidroeléctrica. En una menor medida, se aprovecha la energía proveniente de fuentes como el sol donde se destacan la energía fotovoltaica, la eólica, la geotermia y la biomasa. Finalmente, se suman al aprovechamiento de fuentes renovables el uso de biocombustibles en el sector transporte y tecnologías en etapas incipientes de desarrollo como es el caso de la energía de los mares en forma de mareas, oleaje, gradientes térmicos o gradientes salínicos (UPME & BID, 2015).

Así, las energías renovables no convencionales se proyectan como las principales fuentes de energía para la generación eléctrica, como se ve en la Figura 2, donde se evidencia como la generación hidráulica tiende a un crecimiento inferior comparado con las fuentes no convencionales eólica y la energía fotovoltaica, la cuales en los últimos seis años muestran un avance significativo, siendo cada vez más asequibles y a su vez se consideran como las tecnologías de mayor aporte al cumplimiento de los ODS energéticos, pues pueden garantizar energía limpia, sustentable y asequible para todos (REN21, 2017) . En el último informe de la agencia internacional de energía renovable (IRENA), se indicó como la energía solar fotovoltaica creció un 32% en 2017, seguida de la energía eólica, que creció un 10%. Este crecimiento se justifica por el avance técnico y la gradual disminución del costo de hasta un 73% del por kilovatio generado (IRENA, 2016).

Figura 2. Energía renovable en el mundo año vs potencia (Giga watts)



Fuente: elaboración propia con base en (UPME, 2017), (IRENA, 2016)

A pesar de la reducción de los costos las FNCER, aun distan de ser competitivas ya que como se observa en Tabla 1 el indicador de retorno energético (Tre), parámetro que permite medir la cantidad de energía que se debe invertir para producirla, es todavía baja en comparación con las fuentes de energías como el carbón y el petróleo, lo que exige un compromiso tecnológico, económico y político para que dichas tecnologías sean más asequibles y competitivas respecto a las no renovables permitiendo cerrar la brecha de la transición energética.

Tabla1 Comparación de diferentes indicadores en fuentes de energía.

Tecnologías de generación	Tre	Pri	Costo* kw	Duración en años
Carbón	80	-	15 USD	40
Petróleo hoy	30	-	20 USD	20 por pozo
Fncer fotovoltaica aislada (usan acumuladores de energía, baterías)	10	9	40 USD	25, revisión de la batería cada 5 años
Fncer fotovoltaica conectada (opera en cogeneración con otros sistemas de suministro eléctrico)	9	8	36 USD	25
Fncer eólica	20	15	20 USD	30
Fncer biomasa	7	1	60 USD	22
Fncer termosolar	3	15	70 USD	25

Fuente: elaboración propia a partir de consulta de proveedores de la tecnología y (Unidad de Planeación Minero-Energética UPME, 2016), (IRENA, 2016), (REN21, 2017)

6 EJERCICIO DE ANÁLISIS MORFOLÓGICO.

En los capítulos anteriores se realizó con referencias bibliográficas y consulta de proveedores, el estudio de los limitantes y paradigmas de las tecnologías pertinentes a los ODS energéticos, con dichos referentes se desarrolló una correlación de los posibles actores y drivers que pueden facilitar o no la adopción de dichas tecnologías en el contexto colombiano, permitiendo crear la tabla de análisis morfológico. El Análisis Morfológico es un método analítico-combinatorio que de manera sistemática permite establecer escenarios futuros mediante una posible combinación de elementos que conforman un objeto de estudio, en este caso se realizó una prospectiva del paradigma social energético del país referenciando el desarrollo de tecnologías como las fuentes no convencionales de energía y las Smart energy que según los resultados de la investigación aportan significativamente al desarrollo de los ODS energéticos (Arias & Acevedo, 2017),

Para el ejercicio de prospectiva se tomaron en cuenta representativos estudios como los realizados por la Unidad de Planeación Minero Energética UPME, entidad técnica que es uno de los referentes para la gestión energética en Colombia, y que con estudios como el plan energético nacional Colombia: ideario energético 2050, realizado en el 2015 y el mapa energético de Colombia 2018 – 2050 retos en eficiencia energética elaborado el 2019, realizan serios análisis donde plantea escenarios para los siguientes 30 años con base al crecimiento de la demanda y proyecciones de la explotación energética (UPME, 2019). Un reciente informe titulado estudio de prospectiva transición energética para Colombia 2050 de Universidad Nacional elaborado en el 2018, también plantea diferentes idearios con base a un análisis con metodología Delphi (Universidad Nacional de Colombia, 2018) , en dichos estudios se logra identificar diferentes actores relevantes en el futuro energético colombiano rescatando diferentes drivers para el ejercicio de prospectiva como son: el Político, el Ecológico, el técnico, el económico y el legal para este ejercicio a diferencia de los anteriores estudios se correlacionaron para realizar una reflexión sobre la importancia de la adopción de tecnologías para el logro de los ODS energéticos.

- **Driver de Político**

En este driver se analizan el desarrollo de la política pública respecto a la estrategia energética del país, la cual se viene desarrollando históricamente en dos tendencias: una caracterizada por una posición conservadora donde el recurso hidrohídrico es aprovechado para la generación eléctrica junto con las reservas de carbón para la generación termoeléctrica, esto ha llevado a semblantes donde la política es considerada conformista (Arias & Acevedo, 2017). Una segunda tendencia se da en una alineación a los tratados internacionales de sostenibilidad ambiental, como los ODS, la Cumbre del Clima de París, o la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Universidad Nacional de Colombia, 2018), donde las naciones adquieren compromisos para la reducción del impacto medio ambiental, y que busca la diversificación energética con energía asequible no contaminante que lleve a ciudades sostenibles (ONU, 2016). Pese a que la nación es líder en cuanto a aprovechamiento de recursos renovables, las tecnologías, el impacto medio ambiental y la seguridad energética se concibe desde una matriz energética diversa que no dependa de una exclusiva forma de generación, en este aspecto la política pública se ve dirigida a los principios de sostenibilidad ambiental y al uso energías como la fotovoltaica y

la eólica (UPME, 2015).

- **Driver Ecológico**

En este driver se centró en el desarrollo de una cultura ecológica en la sociedad , donde las comunidades son activas o no respecto a una consciencia social y colectiva sobre el impacto al medio ambiente, este aspecto integra al sociedad civil con mecanismos de participación como grupos de investigación , instituciones, líderes sociales, académicos y empresas para impactar las políticas públicas que promuevan a evitar el aumento del impacto climático(UPME, 2019), la desaparición de recursos naturales, la degradación de las condiciones medioambientales de las ciudades y asentamientos urbanos, la inequidad en distribución de la riqueza natural que derivan corrupción, en violencia, en inseguridad y en insurrección situaciones que a su vez generan mayor deterioro ambiental en un círculo vicioso(Zapata Henao & Franco, 2014).

- **Driver técnico**

El driver técnico toma en cuenta el desarrollo de las tecnologías de FNCE y las basadas en el concepto de Smart Energy, en estas se rescata su desarrollo, las tendencias, las posibilidades de adopción, y sus costos que las hacen competitivas o no respecto a las energías convencionales y de combustibles sólidos(Universidad Nacional de Colombia, 2018). En este punto se resaltan los limitantes tecnológicos actuales como las baterías de acumulación de carga eléctrica ya que, si en el futuro no se cuenta con tecnológicas disruptivas en este ámbito, no se podrán desarrollar tecnologías viables desde lo técnico y económico (Real Academia de Ingeniería, 2011).

- **Driver Económico**

Hace referencia al costo de las tecnologías para el futuro energético, como son las energías no convencionales, las cuales podrán ser o no competitivas en precio con respectos fuentes tradicionales como el petróleo o el carbón (López, Sarmiento, & Sánchez, 2016).

- **Driver legal**

Este driver está ligado con la reglamentación que acompaña a las tecnologías de generación energética, y como permite la comercialización de la electricidad producida por las FNCER, con respecto a formas de generación convencionales como la hidroeléctricas en la que si no existe un marco regulatorio fuerte que incentive una rápida transición energética impactará en el cumplimiento de los ODS de sostenibilidad energética. (Reyes, 2015).

6.1 MATRIZ DE ESCENARIOS

Cada driver se evaluó de manera cualitativa para un desarrollo futuro con una perspectiva buena, regular y mala tomando en cuenta las diferentes referencias bibliográficas para la selección de los drivers; a dichos aspectos se dio una ponderación aproximada según el impacto posible, quedando la matriz de análisis como sigue en la Tabla 2.

Tabla 2 Matriz de análisis morfológico

PARADIGMA ENERGÉTICO EN COLOMBIA EN LOS PRÓXIMOS 30 AÑOS			
Drivers	Bueno (1)	Regular (2)	Malo (3)
Político (P)	Política pública impulsa la diversificación de la matriz energética, pasando de una participación del 1% de FNCE a un 30% para el 2050 (UPME, 2015)	Impulsa el uso de fuentes convencionales de energía más que las no convencionales y de Smart donde se produce la mayor cantidad de energía con recursos de energía fósiles al tiempo que intentan bajar las emisiones a través de políticas de producción limpia, donde el 59% de generación será hidráulica, 16% la de gas, 10% la de carbón, 5% la eólica, 2% la solar y 8% otras fuentes. La generación a través de fuentes renovables no convencionales continuaría con una participación pequeña dentro de la matriz energética del país (Convenci & Accesa, 2013),(UPME, 2015)	No se hacen suficientes esfuerzos para la diversificación de la matriz energética, Colombia le apuesta al fracking aumentando su producción de hidrocarburos en un 56% (Ruíz Suárez & Borbón Bonilla, 2016)
Nomenclatura	P1	P2	P3

%	40	30	30
Ecológico (ECO)	Se tiene una gran conciencia por el cambio climático, que impacta en las actividades sociales del país(Rodríguez Becerra & Mance, 2009).	Se tiene una regular conciencia del impacto del cambio climático, se sabe del daño, pero no se diseñan estrategias para el cambio (ONU, 2016)	No se tiene conciencia con el impacto ambiental la sociedad se muestra indiferente, no existe cohesión social(Rodriguez, 2007)
Nomenclatura	ECO1	ECO2	ECO3
%	30	50	20
TECNICO (T)	Las tecnologías en fuentes no convencionales de energía son mejores y más eficientes, además su apropiación nacional se da formalmente (Castillo, Gutiérrez, Vanegas-chamorro, Valencia, & Villicaña, 2015).	Los avances técnicos y tecnológicos no son significativos, la apropiación tecnológica no muy seria(Abella & Álvarez, 2015)	Se tiene serias limitantes tecnológicas y no hay apropiación tecnológica(Blanca-cecilia, 2011)
Nomenclatura	T1	T2	T3
%	30	50	20
Económico (E)	Las tecnologías de fuentes no convencionales de energía y Smart energy bajan sus costos siendo cada vez más competitivas(ENERTIC, 2018)	Las tecnologías de fuentes no convencionales de energía y Smart energy. Sus costos siguen siendo estables(Jiménez González & Díez Ochoa, 2017)	Las tecnologías de fuentes no convencionales de energía y Smart energy poseen altos costos(Carrera, 2016)
Nomenclatura	E1	E2	E3
%	40	30	30
LEGAL (L)	Se cuentan con leyes que estructuran e impulsan las tecnologías de Smart energy y fuentes no convencionales de energía (Telefónica, 2013)	Se cuentan con leyes laxas que no permiten un buen impulso a las tecnologías de Smart energy(Reyes, 2015)	Las leyes impulsan solo el uso de fuentes convencionales de energía(Ruíz Suárez & Borbón Bonilla, 2016).
Nomenclatura	L1	L2	L3
%	30	40	30

Fuente: elaboración propia

6.2 SELECCIÓN Y ESCENARIOS

Se tienen restricciones en la matriz, entre las cuales no se converge una política que impulse la diversificación de la matriz energética con leyes laxas o que impulse solo las energías convencionales o la conciencia medioambiental. Las restricciones combinaciones marcadas en

rojo no son posibles por coherencia conceptual: P1-P3-ECO1-ECO2, P1-L2-L3,

Tabla 3 Matriz de análisis morfológico con restricciones

¿Como será el paradigma energético en Colombia en 30 años?			
Drivers			
Político	Política pública impulsa la diversificación de la matriz energética	Impulsa el uso de fuentes convencionales de energía más que las no convencionales y de Smart energy	No se hacen suficientes esfuerzos para la diversificación de la matriz energética
%	40	30	30
Ecológico	Se tiene una gran conciencia por el cambio climático, que impacta en las actividades sociales del país	Se tiene una regular conciencia del impacto del cambio climático, se sabe del daño, pero no se hace nada	No se tiene conciencia con el impacto ambiental
%	30	50	20
Técnico	Las tecnologías en fuentes no convencionales de energía son mejores y más eficientes además su apropiación nacional se da formalmente	Los avances técnicos y tecnológicos no son significativos la apropiación tecnológica no muy seria	Se tiene serias limitantes tecnológicas y no hay apropiación tecnológica
%	30	50	20
Económico	Las tecnologías de fuentes no convencionales de energía y Smart energy bajan sus costos siendo cada vez más competitivas	Las tecnologías de fuentes no convencionales de energía y Smart energy sus costos son siguen siendo estables	Las tecnologías de fuentes no convencionales de energía y Smart energy poseen altos costos
%	40	30	30
Legal	Se cuentan con leyes que estructuran e impulsan las tecnologías de Smart energy y fuentes no convencionales de energía	Se cuentan con leyes laxas que no permiten un buen impulso a las tecnologías de Smart energy	Las leyes impulsan el uso de fuentes convencionales de energía.
%	30	40	30

Fuente: elaboración propia

- **Primer escenario “el ideal” P1-ECO1-T1-E1-L1**

En este escenario Colombia se muestra como una sociedad que toma consciencia sobre la problemática medio ambiental y presiona a sus dirigentes para que sus mandatos sean alineados al desarrollo de la sostenibilidad. Para lograr tal fin se establecen leyes y políticas que impulsa el uso

de las fuentes no convencionales de energía como: la energía eólica y la energía solar, donde ciudadanos y grandes empresas instalan tecnológicas fotovoltaicas para contribuir con la generación y aprovechamiento del potencial energético de Colombia. Y que además con el uso intensivo de tecnologías eficientes y amigables con el medio ambiente, permite poseer una generación eléctrica de más de 25500 MW de energía eléctrica donde más del 10% corresponde a granjas de energía fotovoltaicas ubicadas en la Guajira, Atlántico, Bolívar y en Arauca, regiones de mayor radiación solar (Universidad Nacional de Colombia, 2018). El 20% es producido por energía eólica de campos en la guajira, un 5% es generación por biomasa y en el caso de la energía hidráulica aporta un 50% (Unidad de Planeación Minero Energética UPME, 2016). El gobierno nacional garantiza el suministro eléctrico gracias a que su matriz energética se encuentra diversificada y al aprovechamiento de las nuevas tecnologías basadas en la Smart energy con las que se logran sistemas de redes de energía inteligentes y gestión del ahorro; que además de ser tecnologías más económicas que las de combustibles sólidos, permiten a Colombia se líder en la región gracias a los bajos precios y al potencial energético por cuenta de su ubicación geográfica (Checa & Olger, 2016). Con el desarrollo de nuevas baterías de acumulación de energía, que garantizan, en el caso de los vehículos eléctricos, que sean más livianos y autónomos con tiempos más cortos de recarga, Colombia impone, al igual que naciones como Noruega, el uso exclusivo de vehículos eléctricos dejando las dependencias al petróleo y saneando el aire de las ciudades, con lo que se logra un desarrollo sustentable (EY, 2017).

- **Segundo escenario “convencional” P2-ECO2-T2-E1-L2**

Este escenario es más convencional y consecuente con la realidad que se vive ahora, siendo el más probable según la ponderación realizada. En este se encuentra que Colombia se muestra más moderada respecto a la diversificación de su matriz energética, en este aspecto la sociedad civil si bien es consciente del impacto y el cambio climático esta conciencia no es activa(Universidad Nacional de Colombia, 2018), por lo cual las políticas y las leyes con respecto a la diversificación y sostenibilidad energética es tradicional y sigue apostando a fuentes convencionales de energía como la generación hidroeléctrica (Energ, 2014), donde la nación es potencia en la región; en el caso de las tecnologías de Smart energy y las fotovoltaicas estas si bien bajaron sus costos siguen siendo complejas para su adopción, encontrando desafíos como las baterías de acumulación de energía las cuales siguen siendo costosas y poco prácticas. Colombia al depender más de la energía hidráulica se ve obligada a tener más proyectos de generación eléctrica siendo vulnerable a cambios como el fenómeno del niño que obliga a sufrir una racionalización, ya que la sociedad civil no ha adoptado las tecnologías necesarias para la gestión, ahorro, eficiencia y consumo energético. Dada la dependencia de combustibles sólidos como el petróleo y al acabar sus reservas Colombia debe importar combustible (UPME, 2019), y al tener la sociedad poca disposición para generar una cultura de ahorro y consumo responsable sigue siendo clásica en el uso de vehículos a gasolina con lo cual la contaminación del aire en las ciudades crece y con ello las enfermedades pulmonares con lo que se declaran constantemente estados de emergencia ambiental afectando la movilidad en las ciudades y su productividad (Vanegas López & Castaño Rojas, 2012). El crecimiento en el caso de las fuentes no convencionales de energía se ha centrado en proyectos aglutinados en regiones como la Guajira y Arauca, la generación con fuentes no convencionales pasó de un 1% a un 7% muy inferior al promedio mundial que es de casi el 30% (UPME, 2015).

- **Tercer escenario “desabastecimiento” P3-ECO3-T3-E2-L2**

En este panorama, Colombia es dependiente de la energía hidroeléctrica y los combustibles sólidos donde las termoeléctricas usan el carbón como principal fuente de generación ya que es barato en comparación con tecnologías emergentes como la fotovoltaica y la energía eólica que si bien se tiene potencial, las tecnologías de autogeneración y celdas solares siguen siendo costosas, lo que se suma que la sociedad civil cada día sea más y más dependiente de las tecnologías sin regular su consumo elevando la necesidad energética a picos superiores que provocan serios desabastecimientos energéticos, siendo necesario importar petróleo ya que si bien con el uso de Fracking la producción de hidrocarburos aumentó en un 56 % durante 20 años (WEC, 2013) siendo el principal producto de exportación del país y mejorando los ingresos a la nación que contribuyo al desarrollo macroeconómico, en el último tercio en años la exploración no dio buenos resultados y la autosuficiencia petrolera de Colombia se perdió, a lo que se le suma el daño visible del medio ambiente como la contaminación de acuíferos, inestabilidad eólica y deforestación (Contraloría, 2017). Esto llevo a racionalizar de manera constante la energía en Colombia y a importar crudo. En la ciudades se usan vehículos a gasolina ya que la tecnología de vehículos eléctricos sigue siendo costosa para la ciudadanía con lo cual las ciudades, por cuenta de la contaminación, se hacen inviables obligando a distanciar más a las personas de los lugares donde viven a sus sitios de trabajo, la productividad del país baja ostensiblemente, la inconformidad de la sociedad civil provoca protestas buscando solución inmediatas, pero el atraso que posee Colombia respecto a su matriz energética hace que se invierta más en proyectos de generación hidroeléctrica que, dado el alto riesgo y la poca planeación, generan nuevamente proyectos nefastos de hidrogenación que al no entrar en funcionamiento agravando seriamente la seguridad energética del país(Mateus Valencia, 2017).

7 CONCLUSIONES.

Del ejercicio de prospectiva se observa la urgencia de las naciones en vía de desarrollo en apostar a las tecnologías basadas en el uso racional de la energía. Sin una política decidida a este tipo de tecnologías que se aglutina por ejemplo en conceptos como Smart energy, Smart Grid, Domótica, Inmótica y FNCER no se podría considerar como unas naciones viables, ya que la productividad y la sostenibilidad están apalancadas en el desarrollo de las tecnologías, esto plantea retos para los cuales se debe hacer un cambio de su estrategia energética fortaleciendo la leyes y la política pública de una manera incluyente con la sociedad civil, claustros de investigación donde se contribuya a establecer una cultura de la sostenibilidad ambiental y la responsabilidad del consumo, además de una transición energética rápida y decidida. Como se observa tras los escenarios posibles del ejercicio de prospectiva es la gestión pública, las políticas de estado las que mayor impacto tienen en la adopción de tecnologías para los ODS energéticos; pero dichos aspectos se enfrentan a la constante paradoja de un desarrollo económico alentado por el uso y explotación de los combustibles sólidos a coste del impacto medioambiental.

Para cumplir con los ODS exige acciones comprometidas y metas elevadas máxime cuando las herramientas para detener las actividades que provocan el cambio climático llegan un punto de no retorno, como lo indica Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)

que señala en su último informe del 2018, que las consecuencias y los costos de un calentamiento global de 1,5 grados Celsius son mucho peores de lo esperado, planteando la urgente necesidad del abandono de la infraestructura de combustibles fósiles en un periodo menor a 15 años, (IPCC, 2018). Esto obliga como lo demuestra los resultados del ejercicio de prospectiva que la adopción de tecnologías como los autos eléctricos se muestran fundamentales en la viabilidad de las ciudades, y en el posible desarrollo de las futuras Smart Cities.

Es pertinente realizar una investigación permanente que permita la elaboración e implementación de estrategias para la adopción tecnológica en los ODS, ya que los diferentes estudios realizados en prospectiva y en la caracterización de diferentes tecnologías referentes a la gestión energética quedan cortas, pues si bien establecen con claridad el paradigma actual y escenarios energéticos futuros, no logran comprometer metodologías y acciones reales para alcanzar los mejores escenarios en las metas de los ODS.

La energía fotovoltaica se plantea como la energía de generación del futuro en la medida que se desarrollen tecnologías disruptivas de acumulación de energía, que permitan abaratar los costos asociados con éstas, así cualquier usuario puede generar la energía que consume contribuyendo en el impacto medio ambiental y la seguridad energética de las Naciones. El impacto climático está impulsando las tecnologías sostenibles, obligando a establecer metas mucho más altas y determinadas que las que se plantearon en los ODS para el año 2030, siendo las tecnologías de gestión energética su desarrollo e innovación fundamentales para poder hablar en un futuro de Gobernabilidad, ya que como lo demuestra el ejercicio de prospectiva en una cultura pasiva en el aspecto ambiental, la no implementación de tecnologías y las políticas públicas laxas tiene un impacto directo en la productividad de la naciones siendo complejo apalancar los ODS y mientras las brechas tecnológicas y digitales no se cierran se llegará al momento en que no existirá dispositivo que pueda evitar la catástrofe mundial.

8 REFERENCIAS

- Abella, A., & Álvarez, E. (2015). Smart Energy: nuevas aplicaciones y modelos de negocio. In *Cuader*. Retrieved from <http://www.orquestra.deusto.es/images/investigacion/publicaciones/smart-energy.pdf>
- Arias, G., & Acevedo, A. (2017). *Estado Actual de la Producción de Energía Geotérmica en Colombia*.
- Blanca-cecilia, M. (2011). *Metodología para la apropiación de tecnologías de saneamiento básico en comunidades indígenas * Methodology for the appropriation of basic sanitation technologies in native communities Abstract*. 8(66), 153–176.
- Caceres, D. Leona. (2013). *Uso racional y eficiente de la energía en Colombia análisis de la incidencia de las políticas públicas en la sostenibilidad energética*.
- Carrera, T. F. I. N. D. E. (2016). “*Análisis del mercado fotovoltaico*.”
- Castillo, Y., Gutiérrez, M. C., Vanegas-chamorro, M., Valencia, G., & Villicaña, E. (2015). *Rol de las Fuentes No Convencionales de Energía en el sector eléctrico colombiano Role of Non-Conventional Energy Sources in the Colombian electricity sector*. 13(1), 39–51.
- Claudio, C., & Coviello, M. (2013). *Eficiencia energetica america latina*.
- Colciencias. (2018). *Política De Ciencia E Innovación Para El Desarrollo Sostenible*. Retrieved from <http://libroverde2030.gov.co/wp-content/uploads/2018/05/libroverde2030.pdf>
- Consorcio Energético CORPOEMA. (2010). Plan de Desarrollo para las Fuentes no Convencionales de Energía en Colombia (PDFNCE). *Formulación de Un Plan de Desarrollo Para Las Fuentes No Convencionales En Colombia (PDFNCE) VI, 1, 25–28*.
- Contraloría, G. De la Republica. (2017). Autosuficiencia petrolera en Colombia. *Boletín Macro Sectorial, año 2(6)*,

- 1–6. Retrieved from
<http://www.contraloria.gov.co/documents/463406/484739/Boletín+Macrosectorial+No.+06+%28pdf%29/f01d fce0-493c-423a-9148-244fce46edc1?Version=1.2>
- Convenci, X., & Acccsa, F. I. (2013). *Eficiencia Energética*.
- ENERTIC. (2018). *Guía de referencia smart energy*.
- Felipe, D., & Toro, D. (2018). *Propuestas para mejorar la adopción y apropiación de las tecnologías smart grid en Colombia por parte del público*.
- Flores Rivera, N y Dominguez, M. A. (2017). “ Medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio .” *Centro de Investigación En Materiales Avanzados, S.C. Posgrados*.
- Garzón, D., & Martínez, J. (2017). *Estudio de factibilidad para la implementación de energía solar fotovoltaica en la zona de preescolar del colegio agustiniano en suba*.
- Gómez, J., Murcia, J. D., & Cabeza, I. (2018). *La energía solar fotovoltaica en antecedentes y perspectivas*.
- Hoyos, S., Jaime, C., & Dynner, I. (2017). *Integración de fuentes no convencionales de energía renovable al mercado eléctrico y su impacto sobre el precio*. 13(26), 115–146. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.13.26.5>
- IPCC. (2019). *SPECIAL REPORT: GLOBAL WARMING OF 1.5 °c*.
- IRENA. (2016). *Estadísticas de energía renovable 2016*.
- Janco, C. (2012). *Planificación de edificios inteligentes y empresas mediante la inmotica sobre plataforma ip*.
- López, M. B., Sarmiento, L. C. R., & Sánchez, P. J. R. (2016). Análisis de costos de la generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables en el sistema eléctrico colombiano. *Costs Analysis of Electric Generation from Renewable Sources in the Colombian Electricity System.*, 34(2), 394–419. <https://doi.org/10.14482/inde.33.2.6368>
- Lund, H., Østergaard, P. A., Connolly, D., & Mathiesen, B. V. (2017). Smart energy and smart energy systems. *Energy*, 137, 556–565. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.123>
- Noppers, E. H., Keizer, K., Milovanovic, M., & Steg, L. (2016). The importance of instrumental, symbolic, and environmental attributes for the adoption of smart energy systems. *Energy Policy*, 98, 12–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.08.007>
- OCDE. (2012). *Perspectivas ambientales de la ocde hacia 2050*.
- ONU. (2016). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. *Naciones Unidas, Mayo*, 50. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- ONUDI. (2016). Observatorio De Energía Renovable Para America Latina Y El Caribe. 2016, 1. Retrieved from <http://www.renenergyobservatory.org/es.html>
- Palomar, A. (2014). *Proyecto de automatización y domótica de una urbanización de viviendas . Análisis*.
- Peccisa, N., Rodríguez, Y. J., Morón, C., & García, A. (2016). Normativa domótica en edificaciones = Building domotic legislation. *Anales de Edificación*, 1(2), 48. <https://doi.org/10.20868/ade.2015.3103>
- Real Academia de Ingeniería. (2011). *El almacenamiento de energía eléctrica* (Vol. 5731).
- REN21. (2016). Energías Renovables 2016. *Ren21*, 31. Retrieved from www.ren21.net/map
- REN21. (2017). *Renewables 2017 Global Status Report hola mundo*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.082>
- Reyes, D. Q. (2015). *Impactos de la reglamentación de la ley 1715 de energías renovables no convencionales en colombia*.
- Robles, C., & Rodríguez, O. (2018). *Un panorama de las energías renovables en el Mundo, Latinoamérica y Colombia*.
- Rodríguez Becerra, M., & Mance, H. (2009). *Cambio climático: lo que está en juego*. <https://doi.org/Foro Nacional Ambiental>
- Rodriguez, L. (2007). *Protocolo de kyoto: debate sobre ambiente y desarrollo en las discusiones sobre cambio climático*.
- Ruíz Suárez, E. J., & Borbón Bonilla, C. (2016). Identificación de los posibles impactos ambientales por el fracturamiento hidráulico (fracking) de yacimientos no convencionales. *Contraloría General de La República*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Telefonica, F. (2013). Smart Energy. TIC y energía: un futuro eficiente. *Smart Energy. TIC y Energía: Un Futuro Eficiente*, 15–18.
- Téllez Gutiérrez, S. M., Rosero García, J., & Céspedes Gandarillas, R. (2018). Advanced metering infrastructure in Colombia: benefits, challenges and opportunities. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(2), 469–488. <https://doi.org/10.14482/inde.36.2.10711>
- Torres, M. D. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*.
- Unidad de Planeación Minero Energética UPME. (2016). *Proyección De Precios De Los Energéticos Para*

- Generación Eléctrica 2016-2035. *Subdirección de Hidrocarburos*. Retrieved from http://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/Proyeccion_de_los_precios_de_los_combustibles_junio_2016.pdf
- Universidad Nacional de Colombia. (2018). *Transición energética para Colombia 2050*. 1–46.
- UPME. (2015). Plan Energetico Nacional Colombia: Ideario Energético 2050. *Unidad de Planeación Minero Energética, Republica de Colombia*, 184. Retrieved from http://www.upme.gov.co/Docs/PEN/PEN_idearioenergetico2050.pdf
- UPME. (2017). *Plan De Acción Indicativo De Eficiencia Energética 2017 - 2022*. 157. Retrieved from http://www1.upme.gov.co/demandaenergetica/marconormatividad/PAI_PROURE_2017-2022.pdf
- UPME. (2019). *Mapa energético de colombia 2018 – 2050 retos en eficiencia energética*.
- UPME, & BID. (2015). Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. In *Ministerio de Minas y Energía*. Retrieved from http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf
- WWF. (2018). *Informe Planeta Vivo 2018*. 75. Retrieved from www.livingplanetindex.org
- Zapata Henao, J. L., & Franco, G. (2014). *Uso eficiente y ahorro de energia eléctrica en el Colegio INEM Felipe Pérez: una visión estratégica desde la educación ambiental*. 188. Retrieved from <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4209/3337071Z35.pdf;jsessionid=9385393AC19E9B41DEB9CEADBA13FC60?Sequence=1>