

MODELO PARA LA EVALUACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS GENERADORES DE ENERGÍA POR ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN MIPYMES COLOMBIANAS

**FACULTAD INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD INGENIERÍA MECÁNICA**

ISABELLA CASANOVA BASTIDAS
Isabella.casanova@mail.escuelaing.edu.co

JOHAN SEBASTIÁN HERRERA ORTEGA
Johan.herrera@mail.escuelaing.edu.co

KEVIN ANDRÉS OROZCO PERDOMO
Kevin.orozco@mail.escuelaing.edu.co

DIRECTOR DE TRABAJO DIRIGIDO

ING. DANIEL SALAZAR FERRO

ACOMPAÑAMIENTO

ING. JUAN DE DIOS GUTIERREZ PEMBERTHY

BOGOTA, 2021-1

RESUMEN

En el presente documento se realiza una contextualización tanto general como a detalle de las MiPymes (Micro, pequeñas y medianas empresas) y la situación energética actual con enfoque a la energía fotovoltaica en Colombia, al año en curso 2021. Lo anterior, con el objetivo de hallar elementos de relación a partir de un análisis de oferta y demanda en el mercado considerando que al pasar el tiempo y los avances tecnológicos desarrollados en la industria de las energías limpias y sobre todo la fotovoltaica, ha crecido el interés por la implementación de estas. En consecuencia, esta siendo utilizado por un porcentaje mayor de usuarios; dentro de estos usuarios se encuentra diferentes sectores, pero uno de los mas importantes es el no residencial donde podemos encontrar las MiPymes, sobre todo las manufactureras.

De tal manera, tomando conciencia respecto a nuestro papel como futuros ingenieros en la sociedad consideramos necesario aportar al desarrollo del país a partir de nuestros conocimientos, razón por la que desde dicha contextualización y análisis expuestos a lo largo de este artículo, nos dispondremos a proponer un modelo de evaluación técnica y financiera que permita tomar decisiones por parte de las MiPymes a la hora de implementar un sistema de energía fotovoltaica. Impulsando la competitividad en estas, reconociendo que no son grandes industrias con capacidad de acceder a sofisticados métodos de análisis para la toma de este tipo de decisiones.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy por hoy, las MiPymes juegan un papel fundamental en la economía de Colombia ya que con el pasar de los últimos años, desarrollos tecnológicos e innovación han empezado a tomar gran participación y generar gran impacto en el país al participar en más del 90% del sector empresarial del país, produciendo alrededor del 35% del producto interno bruto. Por otra parte, el interés en la utilización de diferentes métodos para la generación de energías limpias también se ha incrementado recientemente debido al impacto que los métodos tradicionales (combustibles fósiles) tienen en el ecosistema y la naturaleza afectando de forma negativa la importante crisis en la que se encuentra el medio ambiente.

En ese sentido existe una relación directa entre las MiPymes y la energía renovable, específicamente la energía fotovoltaica ya que en el país se han empezado a implementar dichas tecnologías en los tipos de empresas mencionados alrededor de 20 años atrás por medio de diferentes proyectos. Buscando el buen aprovechamiento de los recursos naturales para ser cada vez más eficientes en los diferentes procesos y así tener mayor rentabilidad de las mismas compañías.

Uno de los principales problemas que tienen las micro, pequeñas y medianas empresas es que en muchas ocasiones no cuentan con los recursos necesarios para adoptar herramientas que permitan la evaluación respecto a la viabilidad de la implementación de un sistema generador de energía por energía fotovoltaica. Por lo tanto, para poder llegar a un punto de eficiencia y rentabilidad con dicho proceso de implementación se debe buscar una manera de vincular la oferta, la demanda y analizar si es posible implementar el sistema con base en la necesidad de cada compañía y lo que el mercado energético ofrece considerando su constante cambio debido a los adelantos tecnológicos del tema.

Para delimitar el problema que se quiere tratar a lo largo de la presente investigación, se fija la mirada sobre las MiPymes en Colombia sobre todo en aquellas que se encuentran en el sector industrial o manufacturero debido a su gran participación e importancia en el mercado colombiano. Dando paso a proponer una relación de la información en términos de demanda y oferta, estudiando las variables determinantes a la hora de pensar en la implementación de un sistema energético de tipo fotovoltaico en función de los recursos tanto generados como utilizados por parte de micro, pequeñas y medianas empresas.

2. CONTEXTUALIZACIÓN MIPYMES

De acuerdo con la ley 590 del 2000 se entiende por micro, pequeña y mediana empresa, toda unidad de explotación económica, realizada por persona natural o jurídica, en actividades empresariales, agropecuarias, industriales, comerciales o de servicios, real o urbana. Las cuales se clasifican de la siguiente manera:

TIPO EMPRESA	CANTIDAD TRABAJADORES	ACTIVOS TOTALES (\$MMLV)
Mediana empresa	Entre 51 y 200	Entre 5.001 y 15.000
Pequeña empresa	Entre 11 y 50	Entre 501 y 5.001
Micro empresa	Inferior a 10	Inferior a 500

Tabla 1.0. Clasificación empresas acorde a ley 590 del 2000. [1]

“En Colombia, al 26 de septiembre del año 2019, según la ministra del interior Alicia Arango, las MiPymes representan mas del 90% del contexto empresarial del país y generan aproximadamente el 35% del producto interno bruto del país.” [2] Y para el mismo año la encuesta de micronegocios estimo alrededor de 5.974.177 micronegocios distribuidos de acuerdo con las siguientes actividades económicas:



Fig. 1. Distribución de micronegocios según actividad económica. [3]

Para el siguiente año 2020 (julio-septiembre) la creación de empresas incremento en un 2,9% pasando de 82.371 unidades en 2019 a 84.724 en 2020, teniendo en cuenta que no es solo un comportamiento de 2019 a 2020 sino de los últimos años en donde se ha venido presentando el mismo patrón durante los últimos años. Así pues, se tiene que la distribución de la cantidad de empresas creadas para el tercer semestre del año 2020 es:

Actividad Económica	Jul -Sept 2019	Jul -Sept 2020	Variación %	Contribución
Comercio al por mayor y al por menor; Vehículos	30.806	37.984	23,3	8,7
Transporte y Almacenamiento	2.511	3.193	27,2	0,8
Industrias manufactureras	7.778	8.396	7,9	0,8
Información y comunicaciones	2.087	2.518	20,7	0,5
Actividades profesionales, científicas y técnicas	4.969	5.043	1,5	0,1
Actividades de los hogares en calidad de empleadores	7	11	57,1	0,0
Actividades de organizaciones y entidades extraterritoriales	9	12	33,3	0,0
Actividades mobiliarias	1.293	1.292	-0,1	0,0
Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	33	31	-6,1	0,0
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	114	102	-10,5	0,0
Distribución de agua, saneamiento ambiental	506	446	-11,9	-0,1
Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	1.054	993	-5,8	-0,1
Construcción	3.543	3.448	-2,7	-0,1
Explotación de minas y canteras	332	232	-30,1	-0,1
Actividades financieras y de seguros	1.001	867	-13,4	-0,2
Educación	738	603	-18,3	-0,2
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	1.848	1.599	-13,5	-0,3
Actividades artísticas, de entretenimiento y recreación	3.036	2.610	-14,0	-0,5
Otras actividades de servicios	4.467	3.808	-14,8	-0,8
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	4.159	3.418	-17,8	-0,9
Alojamiento y Servicios de Comida	12.080	8.118	-32,8	-4,8
Total	82.371	84.724	2,9	2,9

Fig 2. Unidades productivas creadas por ramas de actividad económica tercer trimestre 2020. [4]

De igual manera se evidencia el comportamiento explicado aproximadamente desde el 2018 como se muestra en:

Actividad Económica	Ene-Dic 2018	Ene-Dic 2019	Variación %	Contribución
Otras actividades de servicios	14.819	16.416	10,8	0,6
Comercio al por mayor y al por menor	113.751	115.415	1,5	0,5
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	14.342	15.189	5,9	0,3
Industrias manufactureras	28.827	29.414	2,0	0,2
Actividades profesionales, científicas y técnicas	18.812	19.296	2,6	0,2
Actividades financieras y de seguros	3.324	3.761	13,1	0,2
Información y comunicaciones	7.558	7.989	5,7	0,1
Transporte y almacenamiento	8.775	9.160	4,4	0,1
Actividades artísticas, de entretenimiento	11.208	11.480	2,4	0,1
Actividades inmobiliarias	4.802	5.032	4,8	0,1
Construcción	13.525	13.751	1,7	0,1
Distribución de agua, saneamiento ambiental	1.709	1.852	8,4	0,1
Actividades de salud humana y asistencia social	3.897	3.917	0,5	0,0
Actividades de organizaciones y entidades extraterritoriales	5	2	-60,0	0,0
Actividades hogares en calidad de empleadores	49	36	-26,5	0,0
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire	389	376	-3,3	0,0
Administración pública y defensa; seguridad social	156	135	-13,5	0,0
Actividad no Homologada a CIIU V4	154	89	-42,2	0,0
Explotación de minas y canteras	1.168	1.091	-6,6	0,0
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	4.865	4.790	-1,5	0,0
Educación	3.187	2.880	-9,6	-0,1
Alojamiento y servicios de comida	47.705	47.392	-0,7	-0,1
Total general	303.027	309.463	2,1	2,1

Fig. 3. Unidades productivas creadas por ramas de actividad económica 2018 y 2019. [5]

A partir de esto, de acuerdo con la ACOPI “Asociación Colombiana de micro, pequeñas y medianas empresas” para el primer semestre del 2019 las microempresas participan en el 99.7% las pequeñas en un 0.33% y las medianas y grandes en un 0.02% en las unidades productivas del país. [6]

Por otra parte, las MiPymes representan el 75,1% de las empresas exportadoras y el 17,1% en valor de exportaciones resaltando que este segmento viene ganando participación en los valores totales, ya que en el 2018 representaron 14,1%. Y según resultados históricos de la EDE “Encuesta de desempeño

empresarial” realizada por la ACOPI se puede observar que el porcentaje de MiPymes exportadoras venia en aumento elevando el promedio de participación del 14% al 22%, en el 2017 y 2019 respectivamente. [7]

En consecuencia, al tener las MiPymes una gran participación en las exportaciones el sector manufacturero juega un papel fundamental en las estadísticas, dicho sector se encuentra ubicado en su mayoría en áreas metropolitanas con el 72,7% de las industrias en Bogotá, Medellín y Cali, y el 14,1% se concentraron en ciudades como Barranquilla, Bucaramanga, Pereira, Manizales, Cúcuta y Cartagena con una variación anual de no mas 0,5%.

Según el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) en el valor agregado generado por las empresas para el primer trimestre del año 2019 de acuerdo con su actividad económica la industria manufacturera se encuentra en el tercer lugar como se muestra en:

Actividad económica	Tasas de crecimiento	
	Serie original	Serie corregida de efecto estacional y calendario
	2019 ^{III} - I / 2018 ^{III} - I	2019 ^{III} - I / 2018 ^{III} - IV
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	1,4	0,8
Explotación de minas y canteras	5,3	2,2
Industrias manufactureras	2,9	-1,0
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado ²	3,1	-0,4
Construcción	-5,6	-4,0
Comercio al por mayor y al por menor ³	4,0	1,4
Información y comunicaciones	3,9	-1,7
Actividades financieras y de seguros	5,5	2,8
Actividades inmobiliarias	3,0	0,7
Actividades profesionales, científicas y técnicas ⁴	3,0	5,7
Administración pública, defensa, educación y salud ⁵	3,3	-0,9
Actividades artísticas, de entretenimiento y recreación y otras actividades de servicios ⁶	2,1	0,0
Valor agregado bruto	2,8	0,1
Total impuestos menos subvenciones sobre los productos	2,6	0,3
Producto Interno Bruto	2,8	0,0

Fig. 4. valor agregado por actividad económica primer trimestre 2019.

Más específicamente para el año 2019 la EAM “Encuesta anual manufacturera” determinó que de los 7.631 establecimientos industriales de los que se recupero información ocuparon un total de 705.999 personas, de las cuales 578.620 fueron contratados directamente por las industrias (413.802 permanentes y 164.818 temporales directos), 102.412 a través de agencias especializadas en servicios de suministro de personal; 22.639 aprendices y 2.328 propietarios, socios y familiares. Adicionalmente, estos establecimientos registraron una producción bruta de \$273,8 billones de pesos, un consumo intermedio de \$177,4 billones y un

valor agregado de \$96,4 billones como se refleja en la figura 5.

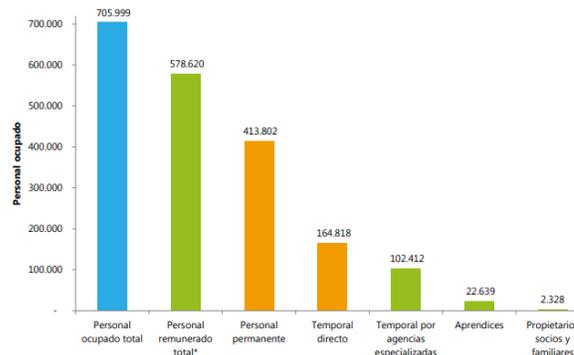


Fig. 5. Distribución de personal ocupado por la industria manufacturera. [8]

Reconociendo de manera importante que dicho sector manufacturero se divide en diferentes grupos industriales los cuales se pueden clasificar de acuerdo con diferentes aspectos como la producción bruta o el personal ocupado, para efectos de la clasificación en Colombia se realiza por parte de códigos CIU (Clasificación industrial internacional uniforme).

Grupo industrial CIU Rev.4	Descripción	Millones de pesos Producción bruta	Part. %
Total		273.770.677	100,0
192	Productos de la refinación del petróleo	55.732.595	20,4
202	Otros productos químicos	20.325.855	7,4
110	Elaboración de bebidas	14.984.401	5,5
108	Elaboración de otros productos alimenticios	14.108.227	5,2
101	Procesamiento y conservación de carne, pescado, crustáceos y moluscos	12.490.167	4,6
222	Productos de plástico	11.175.402	4,1
170	Papel, cartón y productos de papel y cartón	10.551.466	3,9
239	Productos minerales no metálicos n.c.p.	10.426.084	3,8
201	Sustancias químicas básicas, abonos y plásticos y caucho sintético	9.853.382	3,6
109	Elaboración de alimentos preparados para animales	9.181.766	3,4
104	Elaboración de productos lácteos	8.677.391	3,2
241	Industrias básicas de hierro y de acero	8.537.524	3,1
105	Elaboración de productos de molinería, almidones y productos derivados	8.194.006	3,0
141	Confección de prendas de vestir, excepto prendas de piel	7.726.622	2,8
210	Productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y botánicos	7.217.234	2,6
106	Elaboración de productos de café	6.497.436	2,4
103	Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	5.206.997	1,9
	Resto de industria	52.884.120	19,3

Fig. 6. Distribución de producción bruta por grupos industriales. [8]

Grupo industrial CIU Rev.4	Descripción	Personal ocupado	Part. %
Total		705.999	100,0
141	Confección de prendas de vestir, excepto prendas de piel	71.369	10,1
108	Elaboración de otros productos alimenticios	60.866	8,6
222	Productos de plástico	55.340	7,8
202	Otros productos químicos	46.930	6,6
101	Procesamiento y conservación de carne, pescado, crustáceos y moluscos	37.465	5,3
239	Productos minerales no metálicos n.c.p.	29.747	4,2
210	Productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y botánicos	27.379	3,9
181	Actividades de impresión y actividades de servicios relacionados la impresión	21.248	3,0
104	Elaboración de productos lácteos	20.616	2,9
259	Otros productos elaborados de metal y servicios relacionadas con metales	19.872	2,8
139	Otros productos textiles	19.070	2,7
110	Elaboración de bebidas	18.080	2,6
170	Papel, cartón y productos de papel y cartón	18.054	2,6
311	Muebles	17.098	2,4
251	Productos metálicos de uso estructural, tanques, depósitos y generadores de vapor	14.514	2,1
131	Preparación, hilatura, tejeduría y acabado de productos textiles	13.702	1,9
281	Maquinaria y equipo de uso general	12.954	1,8
329	Otras industrias manufactureras n.c.p.	12.885	1,8
105	Elaboración de productos de molinería, almidones y productos derivados	12.205	1,7
	Resto de industria	176.605	25,0

Fig. 7. Distribución de personal ocupado por grupo industrial. [8]

3. CONTEXTUALIZACIÓN MERCADO ENERGÉTICO NACIONAL

i. Composición histórica sectorial en el consumo de energía eléctrica en Colombia:

El consumo energético en Colombia se define a partir de diferentes sectores los cuales se dividen en residencial, industrial y terciario a partir del 1998.

El sector terciario en Colombia ha aumentado su consumo en los últimos años asando de 24% en 1998 a 29% en 2018, por otra parte, el sector industrial en Colombia en el mercado energético ha disminuido de un 34% en 1998 a 28% en 2018. Como se puede evidenciar en:

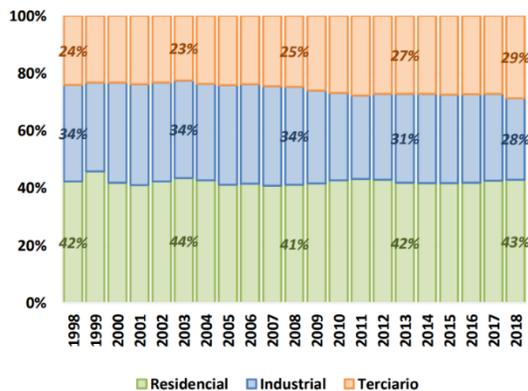


Fig. 8. Composición histórica por sectores en Colombia. [9]

ii. Demanda energética en Colombia:

A partir de informes presentados por el ministerio de minas y energías ante la UPME (Unidad de Planeación Minero-Energética) la demanda de energía en Colombia ha crecido en un 2.6% aproximadamente por año en los últimos 10. Además, la energía eléctrica del SIN "Sistema interconectado nacional" creció un 4.02% del 2018 al 2019, representando en el 2019 un 71,925 GWh, mientras que del 2017 al 2018 creció un 3.04% con un consumo de 69,102 GWh en 2018, como se muestra en:

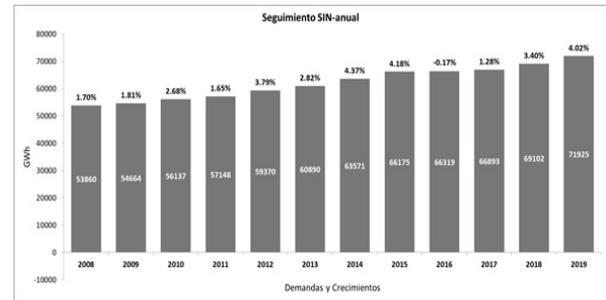


Fig. 9. Demanda energética en Colombia. [9]

Para el 2020 debido al contexto histórico generado por el COVID-19 se tiene que la caída del consumo energético fue de 17%, pasando de 71,925 GWh en 2019 a 70,178 GWh por hora en 2020. Dentro de esta disminución general, también se identifica que el consumo de los sectores comercial, residencial y pequeña industria cayó 3,16% en julio de 2020 respecto a julio de 2019.

Según la XM, la generación energética promedio en julio de 2020 en Colombia fue de 184,4 GWh, 3,64% por encima de lo registrado en junio de 2020, mostrando un restablecimiento del mercado energético, a pesar de que el país aun se encontraba en estado de emergencia. Esto se puede observar haciendo una comparación entre el consumo de los sectores en Colombia tanto antes como después del confinamiento y estado de emergencia sanitaria que se decreto en el año 2020, dicha comparación se puede evidenciar en:

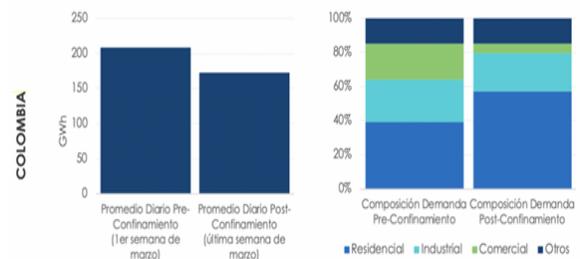


Fig. 10: El impacto del covid-19 en la demanda de servicios. [10]

Esta demanda eléctrica en Colombia se puede analizar y relacionar directamente el PIB (producto interno bruto), como se hizo por parte de ASOENERGÍA (Asociación colombiana de Consumidores de Energía

Industriales y Comerciales) el 5 de noviembre de 2020 para el primer trimestre del 2020. Por medio del análisis se determino que hay una alta correlación entre el PIB y la demanda, es decir mientras el PIB pasa de un 3,49% en el ultimo trimestre de 2019 a 1,07% en el primer trimestre de 2020, la demanda eléctrica pasa de 3,67% en el ultimo trimestre del 2019 a 3,07% entre enero y marzo de 2020. Por otra parte, la demanda no regulada paso de 2,88% a 1,24%, debido a un decrecimiento del 4,94% en el mes de marzo. Dicho análisis fue plasmado la siguiente grafica para un entendimiento rápido de los datos:

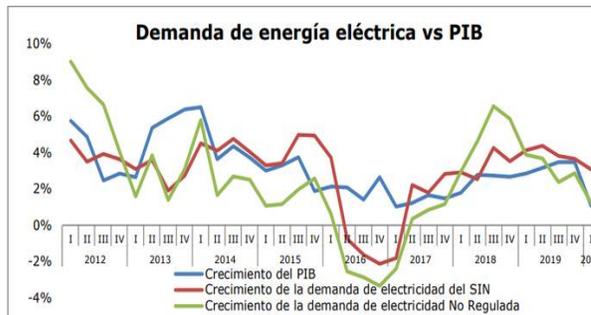


Fig. 11. Comportamiento del PIB en Colombia con respecto al crecimiento de la demanda de electricidad. [11]

iii. Precio kilovatio/hora anual:

A raíz de un informe general presentado en el país se puede evidenciar que en el año 2014 el precio del kilovatio/hora fue de 15,30 USD ascendiendo a un valor de 11,54 USD en el 2015, del 2015 al 2018 tuvo un crecimiento de 11,54 USD a 13,51 USD y del 2018 al 2019 el valor paso de 12,51 USD a 12,83 USD.

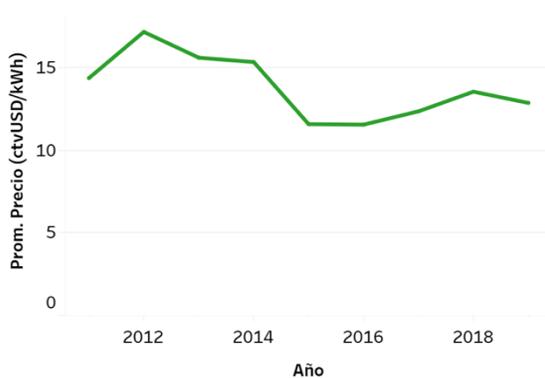


Fig. 12. informe general, precio kWh anual. [10]

Al derivar dicho informe en diferentes sectores, tenemos que para el sector industrial el precio decreció entre el año 2012 con un precio de 18,39 USD y el 2015 con un 11,20 USD. Del año 2015 al 2018 el valor del kilovatio /hora creció pasando de un 11,20 USD al 13,67 USD y para el periodo de 2018 al 2019 nuevamente hubo un decrecimiento del valor pasando de 13,67 USD a 12,93 USD. Como se puede observar en el grafica presentada a continuación:

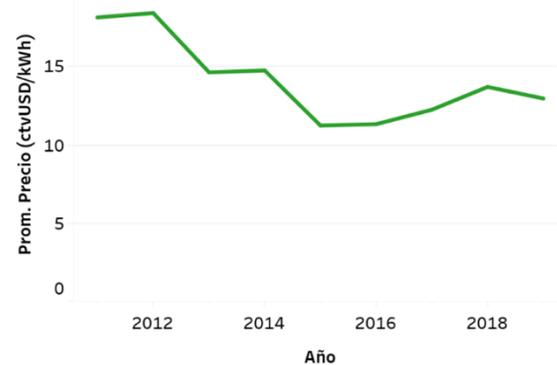


Fig. 13. Sector industrial, precio kWh anual. [10]

El sector comercial decreció del año 2012 al 2015, pasando de 20,70 USD a 13,84 USD, del año 2015 al 2018 tuvo un crecimiento de 13,84 USD a 16,37 USD y para el año 2019 decreció nuevamente llegando a un valor de 15,48 USD, como se evidencia en:

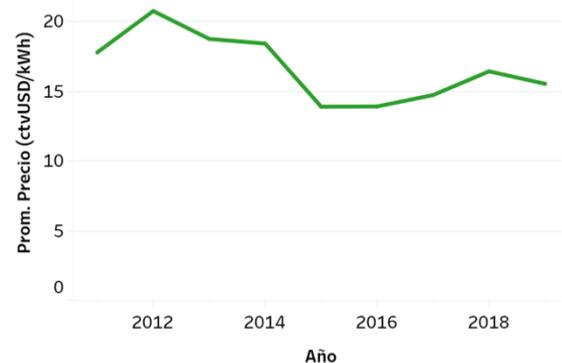


Fig. 14. Sector comercial, precio kWh anual. [10]

Y para el sector residencial las cifras reportadas por la UPME muestran que el precio del kilovatio/hora sigue el mismo el mismo patrón de comportamiento comentado anteriormente decreciendo del

2012 al 2015 pasando de 16,16 USD a 11,15 USD, creciendo del 2015 al 2018 adquiriendo un valor de 12,91 USD y finalmente para el año 2019 decreció nuevamente llegando a un valor de 12,28 USD.

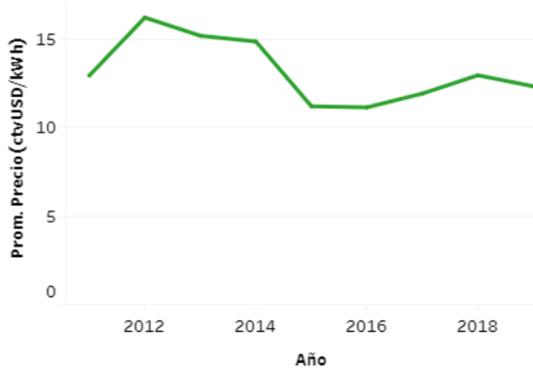


Fig. 15. Sector residencial, precio KWh anual. [10]

iv. Proyecciones de consumo de energía eléctrica anual:

La UPME a partir de los datos históricos de demanda de energía tomados en Gigavatios por hora, desde el 2011 hasta el 2018 propuso en el 2019 una proyección de consumo energético para el país hasta el año 2033 determinando un crecimiento del 1,92% en el escenario medio como se representa figura 16, valor afectado levemente en el 2020 por la emergencia sanitaria vivida a nivel mundial en consecuencia del COVID-19.

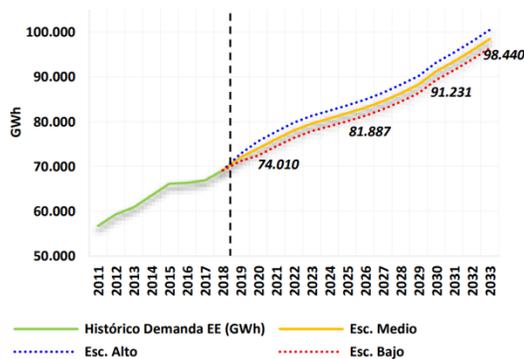


Fig. 16. Proyecciones para el consumo energético en el país por años. [9]

v. Oferta de energía en Colombia:

Según un estudio desarrollado por el DPN (Departamento Nacional de Planeación) se analiza el desarrollo que han tenido las FNCER (fuentes no convencionales de energía renovable), considerando diferentes tipos dentro de los que podemos encontrar: energía geotérmica, hidroeléctrica, eólica, FV (Solar Fotovoltaica), marina, PCH de Pequeña Central Hidroeléctrica, Bioenergía y solar concentrada. Su participación instalada en el país se puede observar a continuación:

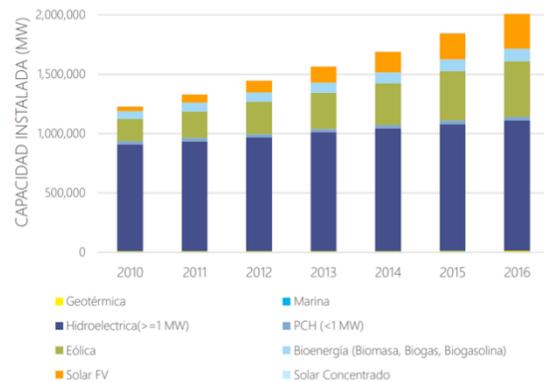


Fig. 17. Oferta energética en Colombia. [12]

Recalcando de manera importante la capacidad instalada total a nivel global de plantas de FNCER pasando de 337,125 MW en el 2010 a 906,743 MW en el 2016 con un crecimiento en el 269%. A la fecha del 2016 de la capacidad total de plantas instaladas el 50% corresponde a plantas eólicas y terrestres y el 32,1% a plantas solares FV, siendo esta última la de mayor crecimiento con un 744%.

Junto con lo anterior, se planteo un escenario de desarrollo de FNCER hasta el 2030 en el país donde se utilizan actualmente y a futuro alternativas como el biogás, biomasa, geotérmica, eólica, solar entre otras las cuales tienen gran participación en el sector residencial e industrial mas terciario, desde el año 2015 hasta el 2030.

Dicha proyección de un escenario a futuro muestra una participación de las FNCER para el 2015 de 3,5% en términos de capacidad instalada mientras que en el 2020 se tiene una de 6,5% lo que prevé un eventual

desarrollo de 1,1 GW al año 2030 (figura 18), mostrando la fuerza que están tomando con los diferentes desarrollos tecnológicos.

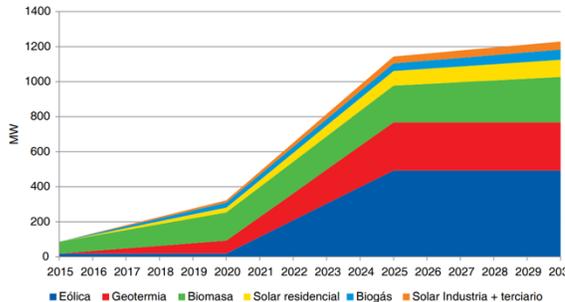


Fig. 18. Escenario de desarrollo de FNCER hasta el 2030 en Colombia. [13]

Y en la línea de dichos desarrollos, el comportamiento de los costos de inversión de megavatio/hora ha reducido su valor sobre todo para la energía solar como para la eólica en donde se espera que los precios lleguen a 30 USD/MWh y 33 USD/MWh respectivamente (figura 19).

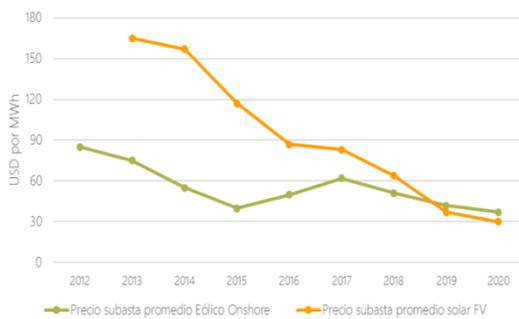


Fig. 19. Precios de subasta energía eólica y energía solar por fecha de entrada. [9]

Esto se ratifica, a partir de todo el contexto que gira entorno al tema, como por ejemplo la revista Semana en su edición del 2 de agosto del 2020 quienes opinan que las redes eléctricas estarán altamente distribuidas, serán mucho mas resistentes y confiables ya que no dependerán de un solo generador de energía, observando que con la llegada de la pandemia 2019-2020 se desarrollaron estrategias mas agresivas o continuaron diferentes planes de inversión para la transición a energías renovables y por lo tanto un aumento en la cobertura eléctrica de zonas aisladas o rurales así como la

capacidad instalada de energías renovables no convencionales.

4. LEGISLACIÓN COLOMBIANA PARA ENERGÍA LIMPIAS.

Actualmente la UPME, la ANLA, la USAID y el CCEP han enfocado parte de sus esfuerzos en convocar e invitar a empresarios e inversionistas y ciudadanos en general para que les apuesten a energías limpias mediante los siguientes incentivos:

- Una reducción de hasta el 50% del valor de las inversiones para los contribuyentes declarantes del impuesto sobre la renta que realicen nuevas erogaciones en investigación, desarrollo e inversión para la producción y utilización de energía.
- Depreciación acelerada: gasto que la ley permite que sea deducible al momento de aclarar el impuesto sobre la renta por una proporción del valor del activo que no puede superar el 20% anual.
- Exclusión de bienes y servicios de IVA sobre todo para la compra de maquinaria, elementos y/o servicios nacionales e importados.
- Excepción de gravámenes arancelarios sobre maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente a labores de pre-inversión e inversión de proyectos con FNCER.

Estos beneficios surgen a partir del decreto 2143 de 2015 del Ministerio de Minas y Energía, Hacienda y Crédito Público, Comercio, Industria y Turismo y de Ambiente y Desarrollo Sostenible; decreto que se ha estipulado en la ley 1715 de 2014 específicamente en los artículos 11, 12, 13 y 14. Donde los procedimientos para acceder a ellos se encuentran en un conjunto de resoluciones propuestas por la UPME y MinAmbiente, estas resoluciones son:

- La 520 y 638 del 2007.
- La 143 del 2006.
- La 045 del 2016.
- La 1283 del 2016.
- La 186 del 2012.

Por otra parte, en la línea de incentivar y convocar empresarios se realiza un análisis de costos totales de las empresas participantes en estos beneficios

analizado a largo plazo desde el 2016 hasta el 2050 en donde se muestra un pico de inversión cerca a los 108.000 millones de pesos anuales en 2021 y luego caen rápidamente hasta tomar valores negativos y a partir del 2039 se mantiene en 0 lo que permite asumir que todos los proyectos acoplados a estos beneficios empezaran gozaran de incentivos hasta el final de su vida con un costo igual a 0 millones de pesos. [13]

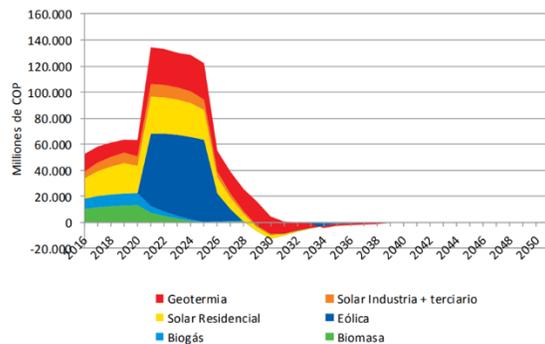


Fig. 20. Costo total descontado de incentivos. [13]

5. CONSUMO ENERGÉTICO DE MIPYMES SECTOR INDUSTRIAL O MANUFACTURERO EN EL PAÍS

Por parte de la UPME se realiza un boletín estadístico a manera de análisis sobre la situación energética del país periódicamente recopilando datos entre 3 y 5 años, en la última de sus versiones publicadas se tuvo en cuenta el periodo de 2016 a 2018 en la cual analizan el consumo energético de Colombia junto con una proyección alineada a los objetivos estratégicos tanto de la misma UPME como del PEN el cual se encuentra presupuestado al 2050.

En dicho boletín estadístico se observa como a lo largo de la historia considerando un periodo desde 1975 hasta el 2018 ha venido creciendo el consumo energético en el país incrementando un consumo final del 78% creciendo aproximadamente 1,81% anual denotando de manera importante que el sector industrial ha tenido una mayor participación.

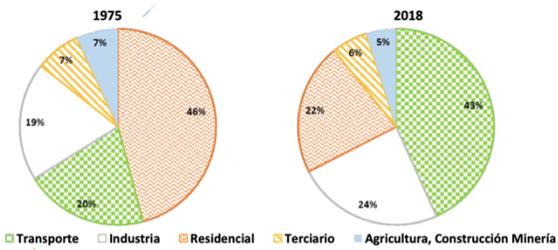


Fig. 21. Participación de los diferentes sectores consumo energético en el país. [14]

Considerando lo anterior, mediante una caracterización realizada por la Unión Temporal Incombustion (red de investigación e innovación en combustión de uso industrial) a lo largo del territorio nacional particularmente en Antioquia, Valle del Cauca y ciudad

es como Bogotá para completar un número de 212 empresas como muestreo divididas entre micro, pequeñas, medianas y grandes, se logra definir la participación de diferentes subsectores en el sector industrial, los cuales se dividen en:

- Alimentos.
- Bebidas.
- Confecciones.
- Cueros.
- Impresiones.
- Madera.
- Papel.
- Tabaco.
- Textiles.

Esta participación se caracteriza por una distribución de la siguiente manera (fig. 22) de acuerdo al tamaño de las diferentes empresas incluidas en el estudio.

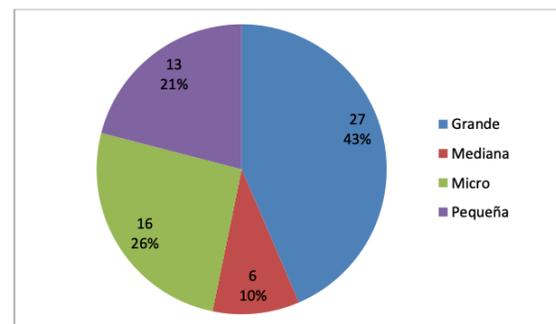


Fig. 22. Distribución de empresas incluidas en el estudio a partir de su tamaño. [15]

Luego, con base en esa distribución para delimitar el estudio del presente documento se definen 2 tipos de consumos principales, lo cuales son: por equipos de oficina y por iluminación; Para llegar a definir la participación de cada uno de los subsectores respecto a estos dos principales consumos que son aquellos en los cuales nos enfocamos en esta investigación de la siguiente manera:

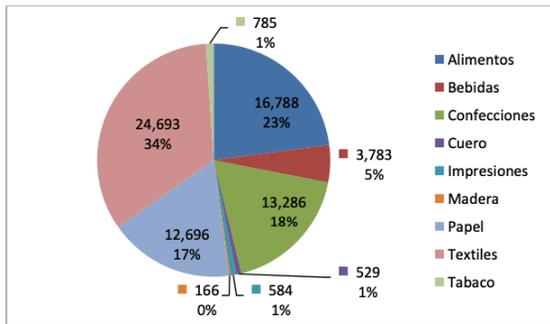


Fig. 23. Participación de los diferentes subsectores respecto al consumo de energía eléctrica en iluminación. [15]

6. RADIACIÓN SOLAR EN EL PAIS

Un aspecto determinante en el funcionamiento de un proyecto de energías renovables es la radiación solar en el lugar donde se realice la implementación. Por lo tanto, en el modelo que se esta desarrollando es importante analizar la radiación solar la cual es dependiente de la ubicación geográfica de cada una de las diferentes áreas del país, considerando radiación solar como la energía que el sol emite a través de ondas electromagnéticas.

Para efectos de la estandarización y medición del concepto de radiación solar en Colombia existe una entidad gubernamental que se encarga del manejo de la información científica, hidrológica, meteorológica y todo lo relacionado con el medio ambiente conocida como el IDEAM. Esta organización entre el 2015 y el 2018 desarrollo un atlas interactivo puesto en un enlace web, en el cual se le realizo un seguimiento a la radiación en el país por medio de la instalación y calibración de 340 sensores de radiación en las EMAS (estaciones meteorológicas automáticas satelitales), junto con 607 heliógrafos (instrumento meteorológico utilizado para registrar duración e intensidad de los rayos solares).

Como resultado del seguimiento (Figura 21) realizo el IDEAM determino aquellas zonas del país que cuentan con una radiación alta son la región caribe, amplios sectores de la Orinoquia y los valles interandinos. Mientras que los menores valores de radiación fueron encontrados en el occidente y el suroccidente, al igual que algunos sectores aislados de las tres cordilleras. Adicionalmente, a partir de los promedios anuales también se definió que la intensidad de fenómenos como El Niño o La Niña, los valores de radiación pueden aumentar o disminuir en un 5 hasta 10 por ciento respecto al promedio anual de las estaciones.

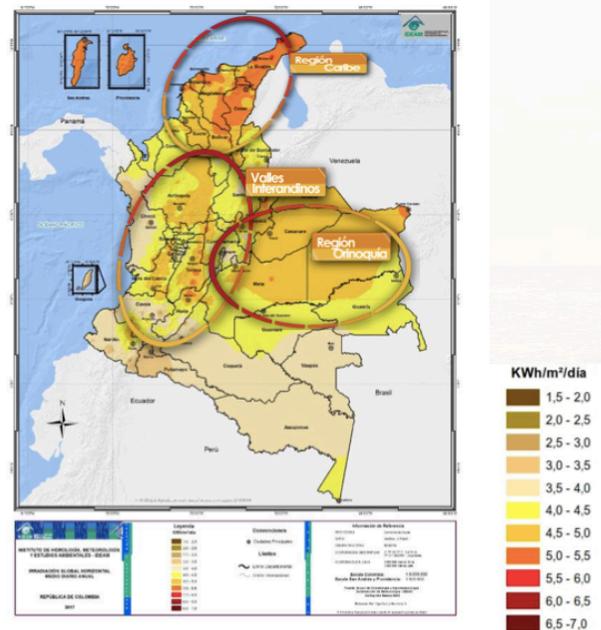


Fig. 24. Resultados de seguimiento radiación solar en el país. [16]

Específicamente en el modelo que se quiere presentar como entregable del presente trabajo de investigación los valores tomados para la radiación solar fueron tomados a partir del atlas interactivo propuesto por el IDEAM, los cuales como se menciona anteriormente son un registro de datos promedio anualmente expresados en histogramas por zonas o ciudades. Como, por ejemplo:

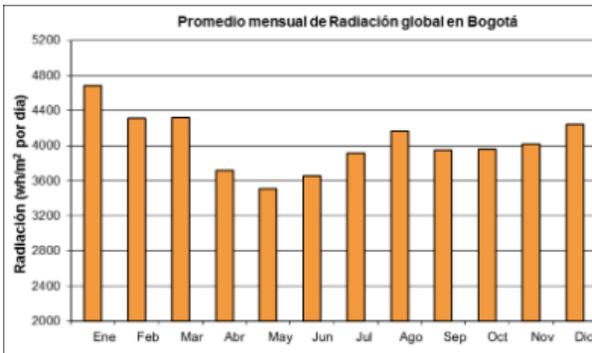


Fig. 25. Histograma promedio de radiación global en Bogotá. [16]

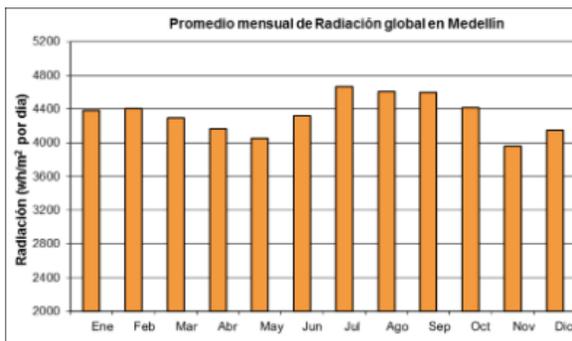


Fig. 26. Histograma promedio de radiación global en Medellín. [16]

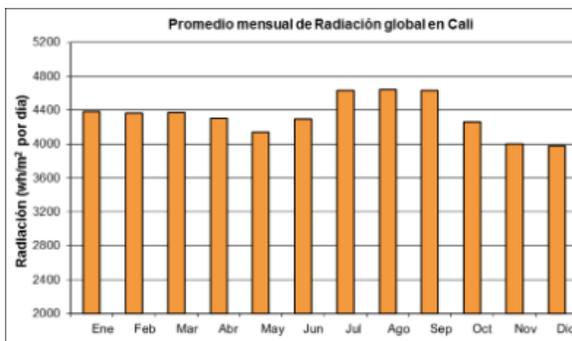


Fig. 27. Histograma promedio de radiación global en Cali. [16]

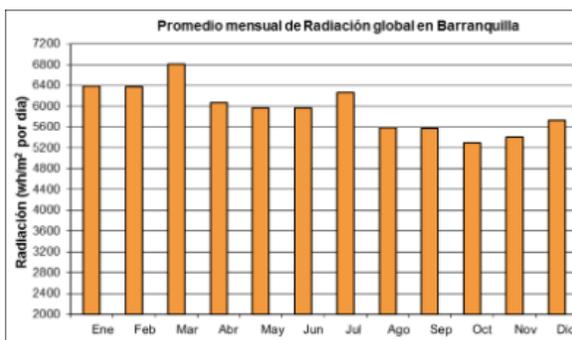


Fig. 28. Histograma promedio de radiación global en Barranquilla. [16]

7. DESARROLLO MODELO

Luego de realizar toda la contextualización anteriormente presentada y caracterizar de manera detallada cada uno de los aspectos tratados en la implementación de un sistema de energía fotovoltaica según el contexto que estamos tratando, se planteo el modelo de evaluación técnica y financiera dividido en las siguientes secciones debidamente explicadas:

1. **Datos de entrada (Color verde):** Son los datos que el usuario debe ingresar, los cuales son referentes a el consumo en [kW] que los dispositivos en operación generan, el tiempo promedio en [h] que esos dispositivos son utilizados y por ultimo, la selección del departamento donde se ubica la MiPyme a la cual se le esta realizando la evaluación y por ultimo, el valor fijo de consumo [kW/h] que la compañía paga por el servicio de electricidad, el cual normalmente se encuentra de forma sencilla en la facturación periódica de dicho servicio.

Adicionalmente,

- Tasa [%]: Se digita el valor al cual se encuentra la tasa definida para las cuotas definidas según los años a los cuales se realice la proyección del pago.
- Ingreso ultimo año compañía [COP].
- Utilidad [COP]: Utilidad neta de la compañía en el año más reciente o periodo que se desee contemplar.
- Tasa de impuesto [%]: Se digita el valor de la tasa de impuesto que se paga por parte de la compañía en su registro mas reciente.

Datos de entrada que se pueden ver reflejados en el **anexo 1, 2 y 8**.

2. **Cálculos internos (Color azul):** Con los datos ingresados en la entrada, el modelo se dispondrá a realizar los siguientes cálculos de la manera que se propone a continuación:

- Consumo total (c.t.) [W]: Se realiza ejecutando el producto entre la cantidad de dispositivos y el respectivo consumo de uno solo y luego realizando la sumatoria total de cada producto

$$\sum_{\text{dispositivo}=1}^5 (\text{Consumo} \times \text{Cantidad})$$

- Consumo total por día (c.t.d.) [Wh/día] y mes (c.t.m.) [kWh/mes]: Teniendo el consumo total se realiza el producto de dicho valor con el número de horas en los que se utilizan (h.u.) los dispositivos y un promedio de 30 días de utilización por mes.

$$c.t.d. = c.t. * h.u.$$

$$c.t.m. = c.t. * 30$$

- Costo factura actual (c.f.a.) [COP]: Según el consumo total por mes y la ubicación que se tiene de la MiPyme se realiza el producto entre el consumo y el costo de kW/h en dicha ubicación (c.u.).

$$c.f.a. = c.t. * c.u.$$

- Potencia del sistema [kWp]: Al realizar la selección de la ubicación también se indica de manera automática la radiación solar promedio y con esto se determina las horas efectivas de sol (h.e.s.), lo que permite calcular la potencia del sistema (p.s.) realizando el cociente entre: el consumo total por mes y el producto entre el promedio de días al mes (30), las horas efectivas de sol y la eficiencia general del

sistema (ε) (90%) según lo que ofrece el mercado:

$$p.s = \frac{c.t.m.}{30 * h.e.s. * \varepsilon}$$

- Tabla de oferta actual [u] [COP]: Según las opciones que se encuentran en el mercado actual y de acuerdo con la potencia necesaria que solicita el sistema se realiza el mejor arreglo automático del número de paneles solares, inversores y contadores bidireccionales que debe implementarse con su respectivo coste de los elementos y coste total de la inversión necesaria (para efectos del desarrollo de nuestro modelo esta información fue recopilada desde el presupuesto dado por dos compañías que ofrecen este servicio en Colombia: Emergente y Celsia, considerando un sistema de referencia de 1000 kWp).

Esto permitió realizar un escenario con tres costes diferentes: Un coste elevado, uno promedio y otro bajo, como se observa en el **anexo 6**.

3. Datos de salida (Color azul):

- Consumo total [W].
- Consumo por día [Wh/día].
- Consumo por mes [kWh/mes].
- Costo factura actual [COP].
- Radiación solar promedio [Wh/m²/día].
- Horas efectivas de sol [h].
- Eficiencia del sistema [%].
- Potencia del sistema [kWp].
- Cantidad y precio de oferta del mercado actual [u] [COP].
- Costo bajo, medio y alto [COP].

4. Comparación (Color amarillo):

- Periodo retorno inversión: Luego de tener como dato de salida los diferentes costes proporcionados por el modelo, se inicia la comparación con base en el costo que se desee tomar como referencia y el pago con una cuota fija a un periodo determinado desde 1 hasta 10 años respecto a el incremento que se tendría en la factura actual pagada para poder encontrar el punto exacto de retorno de la inversión en años, por medio de la comparación grafica que muestra la figura del **anexo 7**.
- Beneficios tributarios: Automáticamente el modelo realiza la comparación del pago de impuestos mediante un grafico de barras que muestra dicho pago sin el beneficio y con el respectivo beneficio explicado en ítem 4 del presente documento. (**Anexo 8 y 9**)
- Proyección básica de utilidad y costos: Partiendo de las utilidades que se introduzcan para los datos de entrada y teniendo en cuenta el pago por impuestos que es uno de los valores directamente afectados por la compañía al implementar este tipo de sistemas además de costos operativos, se realiza la comparación tanto de utilidad como de costos sin la inversión y con la inversión en un proyecto de energía fotovoltaica. (**Anexo 10 y 11**).

8. CONCLUSIONES

Con el pasar del tiempo en Colombia la necesidad energética va en aumento llegando a prever un incremento de hasta 1,92% en los siguientes años, no obstante, debido a los avances tecnológicos, conciencia ambiental y presencia de empresas que implementan sistemas de energías renovables las cuales tienen presencia importante en Bogotá,

Medellín e Ibagué, el sector industrial ha disminuido el consumo energético para los últimos años.

Contemplando lo anterior, es posible comentar que los sistemas de energía fotovoltaicos generan un nivel mayor de confiabilidad respecto a otros sistemas de energía sostenible para el caso de nuestro país siendo el tipo de proyectos que mas relevancia tienen a lo largo de todo el territorio. Por otra parte, una gran parte de las MiPymes pertenecientes a los diferentes sectores del mercado en Colombia pueden considerar la idea de implementar un sistema de energía fotovoltaica al no demandar maquinarias que necesitan potencias bastante elevadas.

Motivo por el cual al finalizar el ejercicio de la creación del modelo presentado anteriormente fue posible perfilar a las MiPymes del sector de las confecciones, dentro del sector manufacturero como principales empresas para utilizar este tipo de evaluación técnica y financiera al momento de considerar implementar un sistema de energía por energía fotovoltaica teniendo en cuenta su gran participación en el mercado.

En ese sentido, se aumentaría la competitividad de este tipo de empresas mediante una reducción de costos en operación y pago por impuestos, generándose un aumentado en su utilidad.

En conclusión, si bien este tipo de proyectos cada vez tiene mayor relevancia en el país, es importante generar mayores estudios y mas detallados que permitan aportar al desarrollo de estos. En el caso de nuestro modelo, se plantea de una forma inicial a modo de guía para que las micro medianas y pequeñas empresas puedan tener acceso a información de como realizar un estudio para evaluar de una manera técnica y financiera la implementación de un proyecto que genere energía de manera limpia y renovable.

Sin embargo, como consideraciones futuras para el presente estudio se podría incluir una mayor oferta presentada en un banco de datos sobre las opciones que presenta el mercado actual, el cual es importante recalcar que se encuentra en constante cambio. Además de ajustes mas detallados para el modelo financiero, los cuales permitan incluir mas

datos de entrada y por lo tanto proporciones más información, obteniendo de esta manera un modelo mucho más robusto y concluyente.

REFERENCIAS

- [1] C. d. Colombia, «Ley 590 de 2000,» 2000.
- [2] Mintrabajo, «MiPymes representan más de 90% del sector productivo nacional y generan el 80% del empleo en Colombia,» 26 09 2019. [En línea]. Available: <https://www.mintrabajo.gov.co/prensa/comunicados/2019/septiembre/mipymes-representan-mas-de-90-del-sector-productivo-nacional-y-generan-el-80-del-empleo-en-colombia-ministra-alicia-arango>. [Último acceso: 24 01 2021].
- [3] DANE, «Encuesta de Micronegocios (EMICRON),» 2019. [En línea]. Available: <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ech/micro/bol-micronegocios-2019.pdf>. [Último acceso: 03 01 2021].
- [4] Confecámaras, «DINAMICA DE CREACIÓN DE EMPRESAS EN COLOMBIA - Informe Trimestre,» 2020. [En línea]. Available: https://www.confecamaras.org.co/phocadownload/2020/Analisis_Economicos/Informe%20Din%C3%A1mica%20de%20Creaci%C3%B3n%20de%20Empresas%20III%20Trimestre%202020.pdf. [Último acceso: 25 01 2021].
- [5] Confecámaras, «DINÁMICA DE CREACIÓN DE EMPRESAS EN COLOMBIA,» 2020. [En línea]. Available: https://www.confecamaras.org.co/phocadownload/2019/Cuadernos_Analisis_Economicos/Din%C3%A1mica%20de%20Creaci%C3%B3n%20de%20Empresas%20_%20Ene-Dic%202019%20_21012020.pdf. [Último acceso: 23 01 2021].
- [6] Confecámaras, «DINÁMICA DE CREACIÓN DE EMPRESAS EN COLOMBIA I semestre de 2019,» 2019. [En línea]. Available: <https://incp.org.co/Site/publicaciones/info/archivos/creacion-empresas-colombia-2019.pdf>. [Último acceso: 08 02 2021].
- [7] Presidencia Nacional de COPI, FAEDPYME internacional y Colombia., «LA REACTIVACIÓN Y FORTALECIMIENTO DE LAS MIPYMES EN COLOMBIA EN EL MARCO DE COVID 19,» 08 2020. [En línea]. Available: <https://www.acopi.org.co/wp-content/uploads/2020/08/REFLEXIONES-Y-PROPUESTAS-PARA-LA-REACTIVACION-Y-FORTALECIMIENTO-DE-LAS-MIPYMES-EN-COLOMBIA-EN-EL-MARCO-DEL-COVID-19.pdf>. [Último acceso: 25 01 2021].
- [8] DANE, «Encuesta Anual Manufacturera (EAM),» 2020.
- [9] UPME, «UPME Proyección Demanda Energía Eléctrica Junio de 2016,» [En línea]. Available: http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/Proyeccion_Demanda_Energia_Jul_2019_V2.pdf. [Último acceso: 20 02 2021].
- [10] UPME, «Precios de energía eléctrica, comparación países,» [En línea]. Available: <http://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Paginas/recios-energia-electrica-comparacion-paises.aspx>. [Último acceso: 25 02 2021].
- [11] Valera analitik, «Así fue demanda eléctrica en Colombia en relación con el PIB en primer trimestre: Asoenergía,» [En línea]. Available: <https://www.valoraanalitik.com/2020/06/02/asi-fue-demanda-electrica-de-colombia-en-relacion-con-el-pib-en-primer-trimestre-asoenergia/>. [Último acceso: 25 02 2021].
- [12] DNP, «Energy Supply Situation in Colombia,» [En línea]. Available: <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Energia/MCV%20-%20Energy%20Supply%20Situation%20vf.pdf>. [Último acceso: 20 02 2021].
- [13] UPME, «Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014,» Invierta y Gane con Energía.
- [14] UPME, «PLAN ENERGÉTICO NACIONAL 2020-2050,» 12 2019. [En línea]. Available: https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN_documento_para_consulta.pdf. [Último acceso: 25 01 2021].
- [15] INCOMBUSTION, «Caracterización y cuantificación del consumo energético en las empresas seleccionadas según el diseño muestral,» [En línea]. Available: https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/INFORME_III_Caracterizacion_energetica_VerPub.pdf. [Último acceso: 15 02 2021].
- [16] IDEAM, «Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia,» [En línea]. Available: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>. [Último acceso: 28 02 2021].

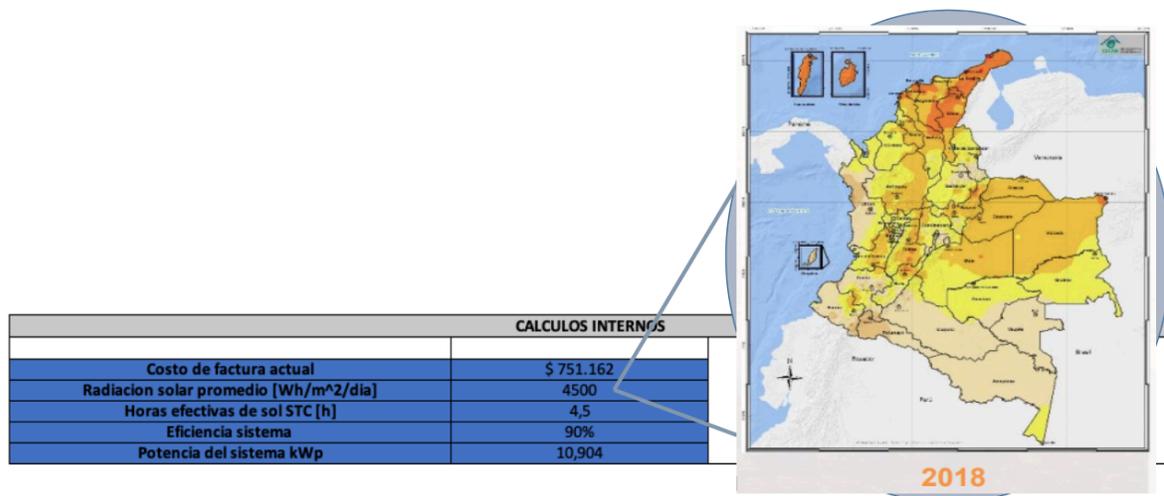
ANEXOS

DEMANDA			
Dispositivos	Consumo [W]	Cantidad	Consumo por dispositivo [W]
1. Bombillos incrustados	8	15	120
2. Lámparas	20	5	100
3. Computadores	150	10	1500
4. Conmutador	100	8	800
5. Otros	300	10	3000
		Total [W]	5520

Anexo 1.

CONSUMO EN RELACIÓN A LA UBICACIÓN Y EL TIEMPO			
	Tiempo [h]	Consumo [Wh/día]	Consumo[kWh/mes]
Tiempo promedio de consumo por día	8	44160	1324,8
Ubicación MiPyme	Cundinamarca		
Costo [COP] (Valor se obtiene de la factura del servicio)	\$ 567		

Anexo 2.



Anexo 3.

OFERTA DEL MERCADO ACTUAL				
Costo referencia sistema 1000 kWp	\$ 45.923.461			
Opcion 1 - Emergente				
Elementos	Tipo	Referencia	Cantidad	Precio
Paneles solares	monocristalino media celda de 400W SERAPHIM	SRP-400-BMA-BG	27	\$ 13.956.741
Inversores	inversor REF 7	2000W	5	\$ 5.783.324
Contador bidireccional			1	\$ 700.000
			Total elementos	\$ 20.440.065
Instalación y accesorios				\$ 25.483.396
			Total inversión	\$ 45.923.461
Opcion 2 - Celsia				
Elementos	Tipo	Referencia	Cantidad	Precio
Paneles solares	Monocristalino 370W GEMCO		29	\$ 550.000
Inversores	Bateria REF6	2000W	5	\$ 771.500
Contador bidireccional			1	\$ 700.000
			Total elementos	\$ 20.765.708
Instalación y accesorios				\$ 21.281.001
			Total inversión	\$ 42.046.709
Costo bajo	\$ 42.046.709			
Costo promedio	\$ 43.985.085			
Costo alto	\$ 45.923.461			

Anexo 4.

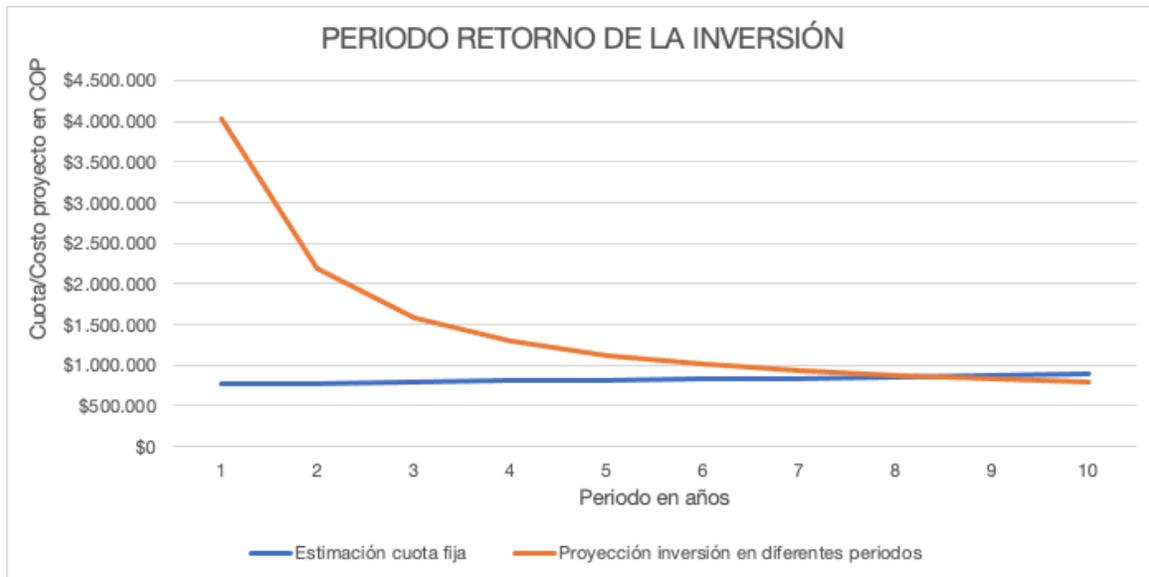
COMPARACIÓN			
¿Con que costo desea hacer la comparación del sistema ?		Costo promedio	
Costo		\$ 43.985.085	
Realizando la inversión			
Tasa	1,5%		
Periodo (años)	Cuota		
1	\$ 4.032.552,29		
2	\$ 2.195.915,87		
3	\$ 1.590.166,19		
4	\$ 1.292.061,86		
5	\$ 1.116.932,07		
6	\$ 1.003.202,63		
7	\$ 924.471,39		
8	\$ 867.527,25		
9	\$ 825.023,30		
10	\$ 792.546,13		
¿Al cabo de cuanto tiempo se pagaría el costo del sistema?			
Tasa aumento	1,61%		
Periodo (años)	Cuota		
1	\$763.255		
2	\$775.544		
3	\$788.030		
4	\$800.717		
5	\$813.609		
6	\$826.708		
7	\$840.018		
8	\$853.542		
9	\$867.284		
10	\$881.247		

Anexo 5.

Costo bajo	\$ 42.046.709
Costo promedio	\$43.985.085
Costo alto	\$ 45.923.461

COMPARACIÓN	
¿Con que costo desea hacer la comparación del sistema ?	Costo promedio
Costo	\$ 43.985.085

Anexo 6.

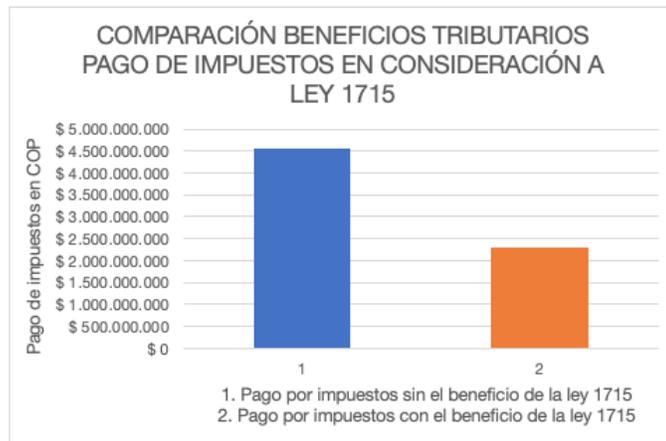


Anexo 7.

INGRESOS DE LA COMPAÑIA ULTIMO AÑO	\$329.865.000.000
UTILIDAD	\$14.682.000.000
TASA IMPUESTO	31,00%

BENEFICIOS TRIBUTARIOS			
Pago impuesto sin beneficio		Pago de impuestos con beneficio	
Pago	\$ 4.551.420.000	Pago	\$ 2.275.710.000

Anexo 8.



Anexo 9.

DETERMINACIÓN COMPORTAMIENTO UTILIDAD Y COSTOS

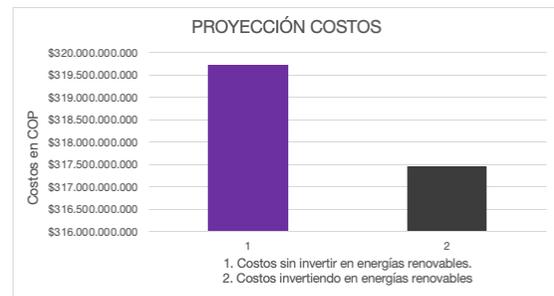
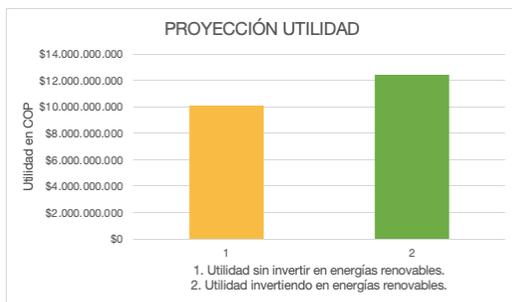
PROYECCIÓN COSTOS COMPAÑÍA SIN PROYECTO DE ENERGÍA RENOVABLE	
Costo	\$319.734.420.000

PROYECCIÓN COSTOS COMPAÑÍA CON PROYECTO DE ENERGÍA RENOVABLE	
Costo	\$317.458.710.000

PROYECCIÓN UTILIDAD COMPAÑÍA SIN PROYECTO DE ENERGÍA RENOVABLE	
Utilidad	\$10.130.580.000

PROYECCIÓN UTILIDAD COMPAÑÍA CON PROYECTO DE ENERGÍA RENOVABLE	
Utilidad	\$12.406.290.000

Anexo 10.



Anexo 11.