

23. APÉNDICES

Contenido

APENDICE A - GLOSARIO..... 2

APENDICE B – MARCO TEORICO 4

 Energía solar y otras fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) .. 4

 Desarrollo y sostenibilidad 5

 Estado del Arte de la Generación de Energía Eléctrica Solar Fotovoltaica en Colombia..... 6

 Estructura actual de la matriz energética colombiana..... 6

 Diagnóstico de las generadoras de carbón en Colombia..... 8

 Capacidad potencial de generación solar fotovoltaica en Colombia 11

 Estado actual de Proyectos solares en Colombia 12

 Con lo anterior y de acuerdo con el reporte al corte del 30 de septiembre de 2025 de XM, la matriz de generación SIN contaba con los siguientes porcentajes de participación de energía: 63,7 % hidráulica, térmica 29,9% y solar 6,3%. 12

APENDICE C - RESULTADOS DE ENTREVISTAS 13

APENDICE D - RESULTADOS DE ENCUESTAS 35

APENDICE E - MODELO FINANCIERO..... 54

APENDICE A - GLOSARIO

Carbon Price Floor (CPF). Mecanismo introducido en 2013 por el gobierno británico para establecer un precio mínimo al carbono, con el fin de encarecer la generación eléctrica basada en combustibles fósiles. Complementa al sistema de comercio de emisiones (UK ETS) y ha sido una herramienta clave para acelerar el cierre de plantas de carbón.

Capacity Market. Mecanismo de respaldo del sistema eléctrico del Reino Unido que garantiza la disponibilidad de capacidad de generación suficiente durante los picos de demanda. Los generadores reciben un pago a cambio de estar disponibles cuando el sistema lo requiere. Este instrumento permite mantener la estabilidad energética mientras aumenta la participación de fuentes renovables.

Contracts for Difference (CfD). Mecanismo de financiamiento que otorga a los generadores de energía baja en carbono un “precio garantizado” por la electricidad producida durante un periodo determinado. Si el precio del mercado es inferior al valor acordado, el generador recibe la diferencia, y si es superior, debe reembolsarla. Este esquema reduce el riesgo para los inversionistas y fomenta el desarrollo de energías renovables.

Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER). Son aquellos recursos de energía renovable disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleados o son utilizados de manera marginal y no se comercializan ampliamente. Se consideran FNCER la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, la geotérmica, la solar y los mares. Otras fuentes podrán ser consideradas como FNCER según lo determine la UPME.

Generación de energía Hidráulica: Es producida gracias al aprovechamiento de la energía cinética del agua acumulada en un embalse, para mover unas turbinas y generar energía eléctrica. Es un tipo de energía renovable.

Generación de energía con Biomasa: Es un tipo de energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica (plantas, animales, etc) que mediante un proceso termoquímico y termoeléctrico es convertida en energía eléctrica. Existen diferentes tipos de biomasa como el bagazo, biogás, biodiesel, etc.

Generación de energía Eólica: Es obtenida a partir del aprovechamiento de las corrientes de aire (viento) que permiten el movimiento de las palas de un aerogenerador para la generación de energía eléctrica. Es un tipo de energía renovable.

Generación de energía con Combustible fósil: Es un tipo de energía no renovable, obtenida por fuentes fósiles como los líquidos (fuel-oil, ACPM, jet A1) que son derivados del petróleo, gas, carbón y mezcla (gas-jet A1). Estos combustibles al pasar por un proceso termoquímico y termoeléctrico son convertidos a energía eléctrica. Este tipo de energía es comúnmente denominada en Colombia como energía térmica.

Generación eléctrica Solar: Es obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol. Es un tipo de energía renovable que genera energía eléctrica

por medio de un proceso fotovoltaico o termoeléctrico. Existen diferentes tipos de energía solar como la fotovoltaica o la termosolar (también llamada solar térmico).

Cogeneración: Proceso de producción combinada de energía eléctrica y energía térmica, que hace parte del proceso productivo cuya actividad principal no es la producción de energía eléctrica, destinadas ambas al consumo propio o de terceros y cuya utilización se efectúa en procesos industriales o comerciales.

Autogeneración: Proceso de producción de energía eléctrica cuya actividad principal es atender el consumo propio y que puede entregar sus excedentes de energía al Sistema Interconectado Nacional.

Generación: Proceso de producción de energía eléctrica cuya actividad principal es la generación de energía eléctrica. En esta clasificación se encuentran las plantas menores que por definición, tienen una capacidad instalada inferior a 20 MW y se excluyen de ésta, los auto generadores y cogeneradores.

SIN: Sistema Interconectado Nacional.

APENDICE B – MARCO TEÓRICO

Energía solar y otras fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER)

El desarrollo de fuentes no convencionales de energía, ha sido promovido desde la Ley 1715 de 2014 y fortalecido por el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, la energía solar se proyecta como la principal fuente de expansión, dada la alta radiación solar en regiones como la Guajira, donde, según el Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica 2024–2028, la energía solar fotovoltaica se destaca por su adaptabilidad, bajo impacto ambiental, escalabilidad y viabilidad económica frente a otras fuentes. En varios departamentos, esta tecnología representa más del 50 % de las soluciones energéticas propuestas, siendo predominante en regiones con alto potencial solar como La Guajira, Cesar y Meta (Unidad de Planeación Minero-Energética [UPME], 2024).

Además, los sistemas solares permiten soluciones aisladas o en microrredes, ideales para zonas de difícil acceso o con viviendas dispersas. Estas configuraciones no solo permiten electrificar hogares, sino también garantizar servicios esenciales como refrigeración de vacunas, acceso a internet y conectividad educativa. (Unidad de Planeación Minero-Energética - (UPME), 2024).

En este contexto, la energía solar no solo se posiciona como una herramienta técnica de electrificación rural, sino como un componente central de la transición energética con justicia territorial, al facilitar el acceso equitativo a la energía, reducir emisiones y promover el desarrollo sostenible en comunidades históricamente excluidas (UPME, 2024). Estas fuentes, tanto en el plano global como en el contexto colombiano, no solo representan una alternativa técnica frente a los combustibles fósiles, sino que constituyen la base de una transformación energética orientada hacia la sostenibilidad, la equidad territorial y la resiliencia climática.

Cabe señalar que la diversificación de la matriz energética presenta retos significativos, debido a las complejidades inherentes a su implementación. Según lo planteado en el documento de Transición Energética Justa (TEJ), uno de los principales desafíos radica en cumplir con las exigencias ambiciosas como la descarbonización y reindustrialización, los cuales implican un aumento considerable en la demanda de energía eléctrica que deberá ser cubierta por las fuentes no convencionales de energía (FNCER), esto debido a la salida anticipada de las plantas térmicas a carbón, las cuales finalizarían una vez terminara el periodo de ejecución y cumplieran las obligaciones del proyecto por cargo de confiabilidad. Sin embargo, a la fecha aún se cuenta con la actividad de termo generadoras de carbón operando en el país, quienes aportan confiabilidad al Sistema Interconectado Nacional (SIN). De acuerdo con el informe, a corte de 30 de septiembre de 2025 de XM, la matriz de generación del SIN cuenta con la siguiente participación por tecnología:

Tabla 1 Participación por tecnología. Fuente de información XM al 28/10/2025.

Tecnología	Capacidad Efectiva Neta (MW)	Porcentaje (%)
Hidráulica	13.206,7	63,7
Térmica	6.201,5	29,9
Solar	1.312,9	6,3
Total	20.721,1	

Así también, a corte de 30 de septiembre de 2025 de acuerdo al reporte de XM, 98 proyectos se encontraban en pruebas iniciales, lo que significa que estaban conectados al sistema para hacer las pruebas requeridas para puesta en operación, la distribución por tecnología se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 2 Participación por tecnología en Pruebas iniciales. Fuente de información XM al 28/10/2025.

Tipo de generación	Cantidad de proyectos en pruebas iniciales	MW
Eólica	3	41
Solar	92	1162,9
Térmico	1	4,0
Hidráulico	2	13,8
Total	98	1.221,8

Desarrollo y sostenibilidad

La transición energética en América Latina, y particularmente en Colombia, no puede limitarse únicamente al reemplazo tecnológico de fuentes fósiles por renovables; debe responder también a criterios de equidad, calidad del servicio y justicia territorial. A pesar de los altos niveles de cobertura eléctrica reportados en la región, millones de personas continúan viviendo en condiciones de pobreza energética, accediendo a un servicio deficiente, intermitente o costoso, especialmente en áreas rurales. Esta realidad evidencia que la transición de generación a carbón hacia fuentes como la solar debe ser pensada desde un enfoque de justicia energética, en el que no solo se mejore la sostenibilidad ambiental, sino también la calidad, continuidad y asequibilidad del servicio. (Alegre-Bravo et al., 2025).

En este sentido, la energía solar fotovoltaica, con su carácter modular y descentralizado, se presenta como una alternativa técnica viable para cerrar brechas históricas de acceso. Su implementación en microrredes o sistemas individuales en zonas no interconectadas no solo contribuye a reducir las emisiones asociadas a la generación térmica con carbón, sino que también puede garantizar un servicio más confiable y justo para comunidades excluidas del sistema eléctrico tradicional. Así, transitar del carbón a la solar no es únicamente un reto energético o climático, sino una oportunidad para redefinir el acceso a la electricidad como un derecho, y no como un privilegio dependiente del lugar donde se habita (Alegre-Bravo et al., 2025).

Además, una transición energética con enfoque de justicia requiere estrategias explícitas de reconversión laboral en los territorios dependientes del carbón. Esto implica planes de cierre y transformación productiva con metas y cronogramas, programas de reentrenamiento y certificación de competencias (por ejemplo, en montaje y O&M de sistemas fotovoltaicos, obras civiles, logística y seguridad industrial), mecanismos de retención de ingresos locales (compras públicas y encadenamientos con proveedores del territorio) y fondos de transición que cofinancien empleo temporal, emprendimientos y movilidad laboral. La participación de gobiernos locales, empresas y comunidades en el diseño de estos instrumentos es clave para evitar pérdidas netas de empleo, sostener el tejido económico regional y garantizar que los beneficios de la nueva infraestructura lleguen primero a la población que históricamente ha soportado los costos del carbón.

En Colombia la Transición energética Justa (TEJ) en el marco del Sistema Interconectado Nacional (SIN) aborda los siguientes ejes estratégicos: la preparación e impulso de políticas públicas para acelerar la incorporación de nuevas tecnologías, la equidad, sostenibilidad y confiabilidad, la Guajira como un epicentro de la Transición Energética Justa, el estallido solar y comunidades energéticas, la reconversión de termoeléctricas y la incorporación de nuevas tecnologías y servicios. En el eje de estallido solar y comunidades energéticas, se refuerza la importancia de la generación distribuida la cual es un soporte de la creciente demanda de energía eléctrica, reduciendo los costos de transporte ineficiencias de la red y aliviando restricciones, también se resalta la construcción y el fortalecimiento de mecanismos regulatorios y fiscales que promueven el empleo de soluciones energéticas de autoabastecimiento comunitario o individual. En el eje de reconversión de térmicas, se aborda la salida de los combustibles más contaminantes y menos eficientes al cumplimiento de sus obligaciones de energía firme, la conversión de plantas a FNCER en los casos que sea posible y recomendable y garantizar la existencia de fuentes firmes y flexibles mediante sistemas de almacenamiento con baterías (BESS), almacenamiento térmico (TESS) y condensadores síncronos. (UPME, 2024). Así también, el gobierno nacional ha implementado diversos incentivos, como los orientados a promover la compra de energía por agentes que generan energía a partir de fuentes no convencionales de energía FNCER, tal como se establece en el artículo 3 de la Resolución 40060 de 2021 del Ministerio de Minas y Energía (Ministerio de Minas y Energía, 2021).

Por lo anterior, la transformación de la matriz energética nacional depende en gran medida del compromiso y la articulación de voluntades entre el gobierno y el sector privado, contribuyendo como actores clave de la metamorfosis energética del país. Colombia tiene el potencial de posicionarse como pionera en este proceso, dado que sus metas y proyecciones reflejan la necesidad de eliminar progresivamente el uso de combustibles fósiles. Sin embargo, estos objetivos solo serán alcanzables si se establecen los acuerdos sostenibles y equitativos que generen beneficio para todos los sectores involucrados.

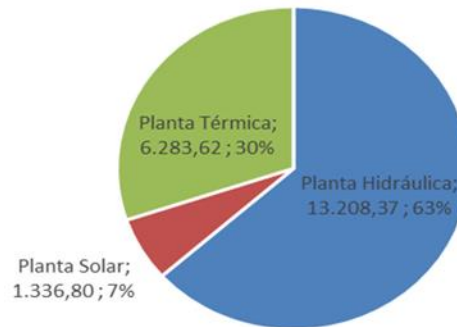
Estado del Arte de la Generación de Energía Eléctrica Solar Fotovoltaica en Colombia

Estructura actual de la matriz energética colombiana

Por fuente de generación, la capacidad efectiva neta es de 20.828,79 MW, de los cuales el 63% está representada en plantas hidráulicas, el 30% en plantas térmicas y el 7% en plantas solares.

Gráfico 1 Elaboración propia. Fuente de información XM al 21/04/2025.

Capacidad efectiva neta de generación en MW



En total Colombia cuenta con 320 plantas de generación. Por el tipo de generador, se clasifican en Generador, Autogenerador, Cogenerador y Generador distribuido. El 97,89% de la capacidad efectiva neta de generación se debe a los Generadores, es decir entidades que se dedican a generar energía para su venta o su uso, y que operan en el mercado mayorista de energía dependiendo de su capacidad y conexión al Sistema eléctrico. 46 plantas individualmente tienen capacidad de generar más 100MW, siendo el Guavio, propiedad de Enel Colombia S.A. ESP. la que mayor capacidad tiene con 1250 MW, seguida de San Carlos, propiedad de Isagen S.A. ESP. con 1240 MW, e Ituango propiedad de Empresas públicas de Medellín con 1200 MW, todas ellas son plantas hidráulicas.

Al agrupar la capacidad de las plantas por empresa, se evidencia que 14 tienen la capacidad instalada de más del 80% de energía eléctrica del país, como se observa en la siguiente tabla. Es de resaltar que dentro de la lista ya figura una empresa de generación solar fotovoltaica con 102MW de capacidad.

Tabla 3 Lista de empresas con participación de capacidad Instalada
 . Elaboración propia. Fuente de información XM al 21/04/2025.

Capacidad efectiva neta [MW]	Porcentaje de participación en el total de capacidad efectiva neta	Empresa
4.418	21,21%	EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN E.S.P.
3.560	17,09%	ENEL COLOMBIA SA ESP
2.625	12,60%	ISAGEN S.A. E.S.P.
1.166	5,60%	CELSIA COLOMBIA S.A. E.S.P.
1.000	4,80%	AES COLOMBIA & CIA. S.C.A. E.S.P.
791	3,80%	TERMOBARRANQUILLA S.A. EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS
709	3,40%	GENERADORA Y COMERCIALIZADORA DE ENERGIA DEL CARIBE S.A. E.S.P.
605	2,90%	ENFRAGEN TERMOFLORES S.A.S. E.S.P.
555	2,66%	TERMOCANDELARIA S.A.S. - E.S.P.
338	1,62%	EMPRESA URRRA S.A. E.S.P.
272	1,31%	GENERADORA TERMOCENTRO S.A.S. E.S.P.
241	1,16%	ENFRAGEN TERMOVALLE S.A.S. EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS
229	1,10%	TERMOEMCALI I S.A. E.S.P.
170	0,82%	TERMOTASAJERO DOS S.A. E.S.P.
165	0,79%	COMPAÑIA ELÉCTRICA DE SOCHAGOTA S.A. E.S.P.
165	0,79%	TERMOTASAJERO S.A. E.S.P.
102	0,49%	PARQUE SOLAR PORTON DEL SOL SAS ESP
17.111	82,15%	

Por su ubicación, agrupando todas aquellas plantas que generan más de 100 MW, el departamento de Antioquia aporta el 27,33% de la capacidad efectiva neta de energía con 5693 MW seguida de Cundinamarca y Atlántico con 2000 y 1766 MW respectivamente.

Tabla 4 Elaboración propia. Fuente de información XM al 21/04/2025.

Capacidad efectiva neta [MW]	Porcentaje de participacion	Municipio
5.693	27,33%	ANTIOQUIA
2.000	9,60%	CUNDINAMARCA
1.766	8,48%	ATLÁNTICO
1.255	6,03%	SANTANDER
1.165	5,59%	BOYACÁ
1.072	5,15%	CÓRDOBA
957	4,59%	VALLE DEL CAUCA
940	4,51%	HUILA
633	3,04%	CALDAS
555	2,66%	BOLÍVAR
335	1,61%	NORTE DE SANTANDER
315	1,51%	CAUCA
275	1,32%	LA GUAJIRA
150	0,72%	CESAR
100	0,48%	MAGDALENA
17.211	82,63%	

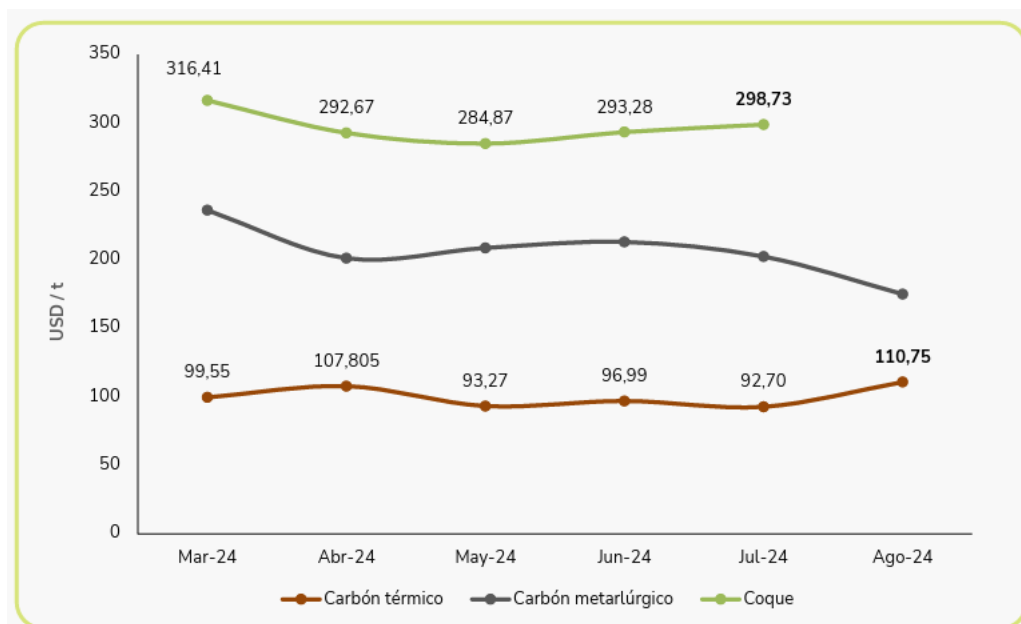
Diagnóstico de las generadoras de carbón en Colombia

El sector termoeléctrico a base de carbón en Colombia ha desempeñado un papel relevante dentro del Sistema Interconectado Nacional (SIN), especialmente como respaldo en épocas de déficit hídrico derivadas de fenómenos climáticos como El Niño. Aunque su participación representa aproximadamente el 30% de la capacidad instalada del país (XM, 2025), enfrenta crecientes desafíos ambientales, económicos y regulatorios.

Para dimensionar el tamaño y la dinámica del sector carbón en su conjunto (no solo térmico), se incluye la evolución reciente de precios FOB reportada por la ANM y la UPME: entre marzo y agosto de 2024 el carbón térmico osciló cerca de USD 95–111/t, el metalúrgico alrededor de USD 200–216/t y el coque en el rango de USD 285–299/t, con un repunte en agosto (ver Figura X). Estas trayectorias de precio ayudan a dimensionar la relevancia económica del carbón (ingresos, regalías y encadenamientos territoriales) y el contexto en el que operan las generadoras; no obstante, en el análisis financiero de reconversión desarrollado en este trabajo, el resultado está dominado por la señal del impuesto al carbono (US\$/tCO₂) más que por el nivel del precio del carbón.

Gráfico 1 Carbón y coque colombiano: precio promedio FOB (USD/t), marzo–agosto de 2024.

Fuente: Agencia Nacional de Minería (ANM) y UPME, boletín del mercado del carbón, septiembre de 2024.



En materia normativa, estas plantas están sometidas a una presión creciente derivada del impuesto al carbono establecido en la Ley 1819 de 2016 y reforzado por la Ley 2277 de 2022, que aplicará plenamente a las emisiones del carbón desde 2028 (Ministerio de Hacienda, 2022). A esto se suman las metas climáticas nacionales y las obligaciones de mitigación, que elevan los costos de operación y cumplimiento.

Financieramente, la incertidumbre sobre la rentabilidad futura es significativa. La volatilidad del precio del carbón, la ausencia de incentivos diseñados para la reconversión tecnológica y el incremento en los costos regulatorios afectan la sostenibilidad económica del sector (UPME, 2024).

Desde el punto de vista técnico, la infraestructura existente de estas plantas no fue concebida para operar con energías limpias, lo que limita su reconversión inmediata, esto sumado a disponibilidad de espacio, y capacidad de conexión a los puntos existentes.

En conjunto, las termoeléctricas a carbón se encuentran en una posición compleja: siguen siendo esenciales para la estabilidad del sistema eléctrico, pero afrontan retos regulatorios, económicos, técnicos y ambientales que exigen una transición profunda y ordenada.

Tabla 5 Desafíos principales

Fuente: Elaboración propia.

Dimensión	Principales desafíos
Ambiental	Altas emisiones GEI, gestión de cenizas y inacción hídrica
Económica	Volatilidad del precio del carbón, altos de reconversión

Regulatoria	Impuesto al carbono, nuevas metas
Técnica	Infraestructura obsoleta, dificultad de ción con FNCER

El diagnóstico sectorial muestra que los principales retos incluyen impactos ambientales elevados, vulnerabilidades regulatorias, limitaciones técnicas para la modernización de infraestructura y barreras financieras para adoptar tecnologías limpias (UPME, 2024; CONPES 4075, 2022). Analizar la capacidad instalada de cada central permite dimensionar la magnitud del desafío y entender el rol estratégico que aún cumplen en el SIN.

Las principales plantas superan los 1.500 MW de capacidad instalada, con Gecelca 3, Termotasajero y Termoguajira como actores predominantes. Por ejemplo, Gecelca 3 y 3.2 aportan 445 MW, lo que explica su relevancia operativa y su papel como respaldo durante eventos críticos como El Niño (GECELCA, 2024; XM, 2025). Esta capacidad también las convierte en candidatas potenciales para procesos de reconversión hacia energías renovables, particularmente en regiones con alto potencial solar.

Centrales como Termotasajero (345 MW) y Gecelca 3, ubicadas en zonas con altos niveles de radiación solar, presentan condiciones favorables para proyectos piloto de transición hacia energía fotovoltaica (Ángel-Sanint, García-Orrego & Ortega, 2023).

Por otro lado, su localización en departamentos como La Guajira, Cesar, Córdoba y Norte de Santander evidencia riesgos sociales si el proceso de transición no incorpora justicia energética, protección laboral y sostenibilidad territorial. Esta interacción entre capacidades técnicas, condiciones institucionales y dinámicas regionales debe orientar políticas de cierre o reconversión gradual coherentes con las metas climáticas (MADS, 2021; Ley 2169 de 2021).

En síntesis, cualquier hoja de ruta de descarbonización debe priorizar las plantas con mayor participación dentro del SIN y con mejores condiciones para adoptar tecnologías renovables. Integrar criterios como capacidad instalada, potencial solar, emisiones y dependencia regional permitirá diseñar transiciones realistas, justas y financieramente viables.

*Tabla 6 Fuente de información XM e informes de gestión GECELCA, Termotasajero y GENSA.
 Elaboración propia.*

Central Termoeléctrica	Ubicación	Empresa Operadora	Capacidad Efectiva Neta (MW)
Termoguajira I y	Dibulla, La Guajira	GECELCA S.A.	286 (143C/U)
GECELCA 3 y	Puerto Libertador, a	GECELCA 3 E.S.P.	437 (164 MW y 273 MW ivamente)
Termotasajero I	San Cayetano, Norte tander	Termotasajero S.P.	333 (163 MW y 170 MW ivamente)
Termopaipa I, II	Paipa, Boyacá	GENSA S.A.	178 (36 MW, 72 MW y 70 MW ivamente)

Capacidad potencial de generación solar fotovoltaica en Colombia

Colombia cuenta con un amplio potencial para el aprovechamiento de la energía solar gracias a su ubicación geográfica y a los altos niveles de radiación presentes en gran parte del territorio. El promedio multianual se estima en 4,5 kWh/m², con zonas destacadas como la península de La Guajira que alcanza cerca de 6 kWh/m², además de la Orinoquia (UPME & IDEAM, 2005). Ángel-Sanint, García-Orrego y Ortega (2023) identifican que la costa norte, incluyendo La Guajira, Córdoba, Sucre, Bolívar, Atlántico, Magdalena y Cesa, cuenta con un recurso solar abundante y constante, favorecido por condiciones atmosféricas estables. Asimismo, valles como los de los ríos Cauca y Magdalena presentan condiciones óptimas para proyectos solares, al igual que los Llanos Orientales, especialmente en Meta y Casanare, donde se facilita la instalación de plantas de gran escala conectadas al SIN.

Según estos autores, la capacidad instalada técnicamente viable para proyectos centralizados supera los 8 TW, con un potencial de generación superior a 11.000 TWh anuales. Estas estimaciones se basan únicamente en proyectos mayores a 100 MW, por lo que no consideran la generación distribuida ni tecnologías emergentes (Ángel-Sanint et al., 2023).

Respecto a los sistemas de generación solar fotovoltaica distribuida (GSD), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente estima un potencial técnico y económico de 471.000 instalaciones, que sumarían 7.424 MWp y generarían cerca de 10,1 TWh/año, equivalente al 17,9% de la demanda del SIN en 2019 (PNUMA, 2021). La mayor cantidad de estas instalaciones correspondería al sector residencial y comercial pequeño, con más del 90% de sistemas menores a 10 kWp. No obstante, el sector industrial concentra el 65% de la potencia total viable debido a sus mayores niveles de consumo y condiciones tarifarias más competitivas.

El potencial solar de Colombia puede desarrollarse mediante esquemas centralizados y distribuidos, cada uno con funciones complementarias. Los proyectos centralizados, superiores a 100 MW y conectados a redes de alta tensión, permiten abastecer grandes volúmenes desde zonas remotas. Por su parte, la generación distribuida —con instalaciones de hasta 1 MW conectadas a redes de media y baja tensión— reduce pérdidas por transmisión, aporta flexibilidad operativa y promueve la participación del usuario final (PNUMA, 2021).

A estos factores se suma la disminución de los costos de la tecnología fotovoltaica, los incentivos de la Ley 1715 de 2014 y el mayor interés del sector financiero, lo que ha favorecido la expansión de la energía solar. Sin embargo, para las empresas termo generadoras que aún operan con combustibles fósiles persisten barreras, especialmente en el acceso a financiamiento para reconversiones energéticas, lo que ha limitado su avance en descarbonización. Estas barreras, financieramente hablando, también incluyen la pérdida de ingresos por mecanismos de remuneración como el cargo por confiabilidad, el CAPEX de adecuación/desmantelamiento, el riesgo de activos varados, además de los trámites de conexión, licenciamiento y acuerdos territoriales.

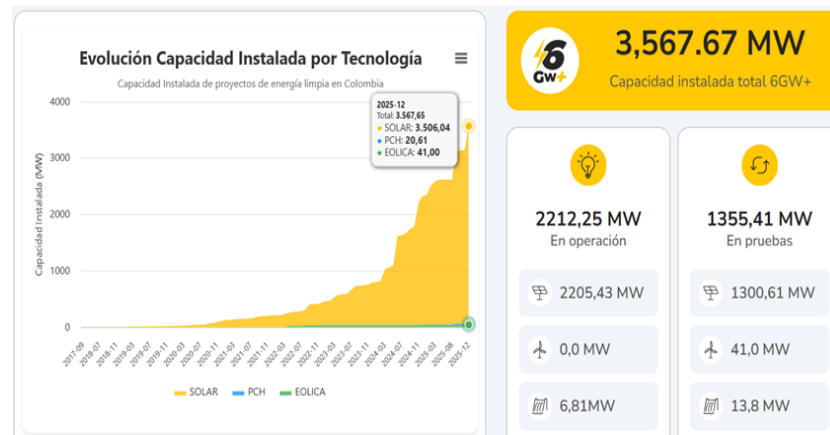
En conjunto, la generación centralizada y distribuida resulta esencial para diversificar la matriz energética y fortalecer la seguridad energética. Su despliegue efectivo requiere políticas

públicas sólidas, incentivos económicos y marcos regulatorios que reduzcan barreras, especialmente en el segmento distribuido, contribuyendo así a los objetivos nacionales de transición energética y mitigación del cambio climático.

Estado actual de Proyectos solares en Colombia

De acuerdo con el último reporte generado por la UPME, a diciembre de 2025 la capacidad instalada de proyectos solares es de 3.506,04 MW, de los cuales 2205,43 MW se encuentran en operación y 1300,61 MW en pruebas:

Ilustración 1 Evolución de Capacidad instalada por tecnología
 Fuente: UPME: <https://www.upme.gov.co/simec/plan-6gw-plus/>



Con lo anterior y de acuerdo con el reporte al corte del 30 de septiembre de 2025 de XM, la matriz de generación SIN contaba con los siguientes porcentajes de participación de energía: 63,7 % hidráulica, térmica 29,9% y solar 6,3%.

APENDICE C - RESULTADOS DE ENTREVISTAS

Con el propósito de comprender de manera integral la percepción del sector energético frente a la transición hacia fuentes no convencionales de energía, se realizaron entrevistas a algunos actores pertenecientes a diferentes segmentos del sector: generación, distribución y prestación del servicio, entidades gubernamentales y organismos de regulación. Los participantes, con amplia experiencia técnica y estrategia, compartieron sus perspectivas sobre los retos, oportunidades y condiciones estructurales que enfrenta el país en el proceso de descarbonización y diversificación de la matriz energética. A continuación, se presentan los principales aportes derivados de las entrevistas, organizados por dimensión de análisis, social, financiero y ambiental, con el fin de identificar tendencias comunes, divergencias y elementos críticos para la formulación de estrategias sostenibles en el contexto colombiano.

Catalina Rubio- Directora Ambiental y de Sostenibilidad ANDEG – Asociación Nacional de Empresas Generadoras

Asunto/pregunta	Respuesta
Contexto de la experiencia del entrevistado	Catalina Rubio participa de manera indirecta en proyectos solares a través del gremio ANDEG, acompañando iniciativas de empresas termoeléctricas afiliadas que buscan diversificar su portafolio energético, especialmente mediante proyectos de autogeneración a pequeña escala y generación distribuida. Su experiencia se centra en aspectos regulatorios y ambientales desde espacios intergremiales.
Dimensión social	
¿Cómo percibe usted la aceptación social de los proyectos fotovoltaicos en su entorno?	La aceptación varía según la región. Existen territorios donde hay mayor resistencia, principalmente por desconocimiento técnico y falta de educación sobre las implicaciones de los proyectos renovables.
¿Cree que estos proyectos generan beneficios para la comunidad? ¿Cuáles?	Sí, pueden generar oportunidades de empleo, diversificación productiva y aportes al desarrollo local. Sin embargo, estos beneficios no siempre son percibidos de manera clara por las comunidades debido a vacíos de información.

¿Ha identificado conflictos o resistencias frente a estos proyectos? ¿Por qué razones?	Sí. El mayor reto se encuentra en las consultas previas, por ausencia de lineamientos claros, complejidad institucional y expectativas asistencialistas heredadas de otros proyectos. Además, las ideologías políticas influyen en la aceptación comunitaria.
Dimensión ambiental	
¿Cree que existe suficiente regulación o vigilancia sobre los efectos ambientales de estos proyectos?	Sí, Colombia cuenta con una normativa sólida y robusta, pero el problema está en la implementación y en las capacidades desiguales de las CAR para ejercer control y seguimiento.
¿Considera que la regulación ambiental vigente realmente abarca los impactos asociados a los proyectos fotovoltaicos?	Sí, aunque los términos de referencia son cada vez más exigentes y requieren estudios científicos complejos, lo que dificulta su aplicación en proyectos pequeños.
¿Qué impactos ambientales positivos y negativos ha observado o conoce asociados a estos proyectos?	Positivos: reducción de emisiones de GEI, impulso a la transición energética. Negativos: dificultades en compensaciones ambientales (falta de predios equivalentes, limitaciones territoriales), presión sobre ecosistemas locales y mayores costos por exigencias técnicas.
Dimensión económica	
¿Qué oportunidades o barreras financieras identifica para el desarrollo de proyectos fotovoltaicos?	Existen incentivos como beneficios tributarios, PPAs, fondos del PENN, comunidades energéticas, bonos verdes y cooperación internacional. Sin embargo, persisten desincentivos: sobrecarga fiscal, trámites lentos, costos ambientales y falta de infraestructura de conexión.
Para una empresa que genera energía actualmente con carbón en Colombia, ¿Qué aspectos considera que serían una dificultad, para reconvertirse a la generación solar fotovoltaica?	Trámites ambientales costosos, lentitud en licenciamientos, falta de puntos de conexión, problemas prediales y limitaciones de la infraestructura eléctrica nacional.
¿Considera que hay incentivos económicos para este tipo de proyectos?	Sí, pero su efectividad se reduce por la alta carga fiscal y la incertidumbre normativa.
¿Considera que los proyectos de energía solar son económicamente viables o sostenibles?	Sí, especialmente con la reducción en costos de tecnología y la presión del

	mercado por descarbonizar, aunque requieren respaldo firme de las termoeléctricas.
¿Ha identificado mecanismos financieros internacionales que podrían ser adaptados al contexto colombiano para fomentar la inversión en energía solar fotovoltaica?	Sí: corredores de financiamiento climático, mercado de carbono, banca de desarrollo, cooperación internacional y bonos sostenibles.
Debilidades - identificadas en la entrevista	<p>Complejidad en consultas previas y conflictos sociales.</p> <p>Sobrecarga fiscal y normativa al sector energético.</p> <p>Demoras y costos en licenciamiento ambiental.</p> <p>Infraestructura de transmisión insuficiente.</p> <p>Débil articulación institucional entre entidades.</p>
Oportunidades - identificadas en la entrevista	<p>Incentivos tributarios y PPAs.</p> <p>Bonos verdes y financiamiento climático internacional.</p> <p>Interés creciente del sector termoeléctrico en diversificar su portafolio.</p> <p>Reducción de costos tecnológicos de la energía solar.</p> <p>Creación de comunidades energéticas.</p>
Temas relacionados directamente con el carbón	
Teniendo en cuenta el panorama mundial y nacional, ¿Cuál cree usted que sería el futuro del carbón en Colombia?	No se plantea una sustitución total, sino complementariedad tecnológica: el carbón seguirá aportando firmeza al sistema eléctrico, mientras las renovables avanzan en participación.
¿Conoce algún proyecto fotovoltaico a nivel internacional que haya reemplazado o transformado una planta termoeléctrica existente?	No mencionó un caso específico, pero sí señaló la tendencia global hacia proyectos de transición que combinan o sustituyen tecnologías fósiles por renovables.
Cierre	

Qué opina de la arquitectura actual del sistema eléctrico colombiano	El sistema requiere expansión y modernización urgente. Existe un riesgo de estrechez de oferta hacia 2026–2027 y un “dilema del huevo y la gallina” entre el punto de conexión y la obtención de la licencia ambiental.
¿Considera que las actuales políticas en materia de energía están alienadas con la realidad del contexto colombiano? En caso de no ser así, ¿qué ajustes o actualizaciones propondría?	<p>No están completamente alineadas. Hay exceso de normativa, pero poca articulación institucional. Se recomienda:</p> <p>Simplificación normativa.</p> <p>Fortalecimiento de capacidades institucionales.</p> <p>Enfoque territorial.</p> <p>Socialización técnica sin sesgos ideológicos.</p> <p>Resolución del dilema entre conexión y licenciamiento.</p>
Conclusiones y recomendaciones	<p>Catalina Rubio considera que los proyectos fotovoltaicos son una oportunidad real de diversificación energética, pero enfrentan retos sociales, ambientales y económicos que deben abordarse integralmente. El futuro del sistema eléctrico colombiano dependerá de:</p> <p>Resolver los cuellos de botella en consultas previas, licenciamiento y conexión.</p> <p>Modernizar la infraestructura de transmisión.</p> <p>Fortalecer la articulación interinstitucional.</p> <p>Promover mecanismos de financiamiento climático adaptados al contexto nacional.</p> <p>Reconocer la complementariedad entre energías renovables y carbón como paso de transición hacia un sistema más sostenible.</p>

Miguel Prieto Gerente de Negocios – GECELCA

Asunto/pregunta	Respuesta
Contexto de la experiencia del entrevistado	Miguel Prieto ha tenido contacto indirecto con proyectos fotovoltaicos a través de su participación en procesos de licenciamiento ambiental. No ha trabajado directamente en la ejecución de estos proyectos, pero su experiencia se relaciona con la evaluación de impactos y requerimientos regulatorios.
Dimensión social	
¿Cómo percibe usted la aceptación social de los proyectos fotovoltaicos en su entorno?	La percepción social es en general positiva, pues no requieren ocupación intensiva del territorio ni causan desplazamientos forzados, y además generan oportunidades económicas.
¿Cree que estos proyectos generan beneficios para la comunidad? ¿Cuáles?	Sí. Entre los principales beneficios menciona: Generación de empleo local en la etapa de construcción. Mejoras en infraestructura comunitaria. Fortalecimiento de capacidades técnicas y sociales.
¿Ha identificado conflictos o resistencias frente a estos proyectos? ¿Por qué razones?	Sí, aunque en menor medida que en otros proyectos energéticos. Se presentan principalmente por: Desinformación en las comunidades. Falta de consulta o comunicación efectiva. Expectativas económicas que no se cumplen.
Dimensión ambiental	
¿Cree que existe suficiente regulación o vigilancia sobre los efectos ambientales de estos proyectos?	En general, sí existe regulación, pero su aplicación es desigual. Depende del territorio y de la capacidad técnica de la autoridad ambiental competente. En algunas zonas la vigilancia es débil o inexistente.
¿Considera que la regulación ambiental vigente realmente abarca los impactos asociados a los proyectos fotovoltaicos?	No completamente. Los impactos acumulativos, la pérdida de cobertura vegetal y la afectación de ecosistemas locales no siempre se abordan de manera integral.
¿Qué impactos ambientales positivos y negativos ha observado o conoce asociados a estos proyectos?	Positivos: reducción de emisiones de GEI y baja huella de carbono en la operación. Negativos: uso intensivo de recursos en la construcción (agua y suelo), afectación a la biodiversidad y falta de planificación para la disposición de paneles al final de su vida útil.
Dimensión económica	

¿Qué oportunidades o barreras financieras identifica para el desarrollo de proyectos fotovoltaicos?	Oportunidades: incentivos fiscales y disminución de los costos tecnológicos. Barreras: dificultades de acceso a financiación para pequeños y medianos desarrolladores, falta de claridad sobre beneficios tributarios y riesgos regulatorios.
Para una empresa que genera energía actualmente con carbón en Colombia, ¿Qué aspectos considera que serían una dificultad, para reconvertirse a la generación solar fotovoltaica?	Altos costos iniciales de inversión. Cambio en el modelo operativo y adaptación de infraestructura. Resistencia cultural o institucional dentro de la empresa.
¿Considera que hay incentivos económicos para este tipo de proyectos?	Sí, como las exenciones tributarias, pero no están bien divulgadas ni son fácilmente accesibles para todos los actores.
¿Considera que los proyectos de energía solar son económicamente viables o sostenibles?	Sí, por sus bajos costos de operación y mantenimiento. Sin embargo, la viabilidad depende de la escala del proyecto, el contexto local y el acceso a financiación.
¿Ha identificado mecanismos financieros internacionales que podrían ser adaptados al contexto colombiano para fomentar la inversión en energía solar fotovoltaica?	Sí. Bonos verdes, financiamiento climático y alianzas público-privadas, especialmente para proyectos con enfoque territorial.
Debilidades - identificadas en la entrevista	Falta de articulación en la aplicación de la regulación ambiental. Impactos acumulativos no considerados en los licenciamientos. Limitado acceso a financiamiento para desarrolladores pequeños y medianos. Falta de divulgación y claridad sobre incentivos tributarios. Resistencia institucional en empresas con tradición carbonífera.
Oportunidades - identificadas en la entrevista	Incentivos fiscales y reducción de costos tecnológicos. Generación de empleo e infraestructura local en fases de construcción. Fortalecimiento de capacidades comunitarias. Bonos verdes, financiamiento climático y APP como opciones para atraer inversión. Alta aceptación social frente a otras tecnologías energéticas.
Temas relacionados directamente con el carbón	
Teniendo en cuenta el panorama mundial y nacional, ¿Cuál cree usted que sería el futuro del carbón en Colombia?	Tiende a reducirse en el mediano y largo plazo, aunque sigue siendo importante para

	ciertas regiones. La transición debe ser gradual, planificada y justa.
¿Conoce algún proyecto fotovoltaico a nivel internacional que haya reemplazado o transformado una planta termoeléctrica existente?	Sí. En países como Alemania y Reino Unido se han reconvertido plantas térmicas a solares, aprovechando la infraestructura existente, aunque no citó casos específicos.
Cierre	
Qué opina de la arquitectura actual del sistema eléctrico colombiano	Es un sistema robusto pero centralizado, con limitaciones en transmisión. Requiere mayor flexibilidad para integrar renovables no convencionales y descentralizadas.
¿Considera que las actuales políticas en materia de energía están alienadas con la realidad del contexto colombiano? En caso de no ser así, ¿qué ajustes o actualizaciones propondría?	No totalmente. Se propone: Mejor articulación entre política energética y planificación territorial. Mejores incentivos para actores comunitarios y pequeños generadores. Incluir criterios de justicia energética y mayor participación ciudadana en la política pública.
Conclusiones y recomendaciones	<p>Miguel Prieto reconoce que los proyectos fotovoltaicos tienen una aceptación social positiva y pueden aportar beneficios locales significativos, pero requieren fortalecer la comunicación comunitaria y el diseño de beneficios claros. En lo ambiental, la regulación es adecuada pero incompleta, y debe mejorar en la gestión de impactos acumulativos y en la disposición final de paneles.</p> <p>En lo económico, la energía solar es viable y sostenible, pero enfrenta barreras de acceso a financiamiento y vacíos en la divulgación de incentivos. Recomienda:</p> <p>Facilitar el acceso a crédito para pequeños y medianos desarrolladores. Mejorar la articulación entre política energética, territorial y social. Implementar mecanismos financieros internacionales adaptados al contexto colombiano.</p> <p>Avanzar en una transición gradual y justa del carbón hacia renovables, evitando impactos abruptos en regiones dependientes. Considerar que la UPME entregue proyectos pre-licenciados en convocatorias, como en otros países.</p>

Juanita Giraldo – Líder Comunidades Energéticas en Solenium

Asunto/pregunta	Respuesta
Contexto de la experiencia del entrevistado	Juanita Giraldo ha tenido contacto con proyectos fotovoltaicos desde el acompañamiento técnico y la revisión de estudios de impacto ambiental. Su perspectiva se centra en cómo estos proyectos se implementan en el territorio y en su relación con los actores sociales y ambientales.
Dimensión social	
¿Cómo percibe usted la aceptación social de los proyectos fotovoltaicos en su entorno?	La aceptación social es en general positiva, ya que los proyectos son percibidos como “limpios” frente a otras fuentes energéticas. Sin embargo, esta percepción se debilita cuando los beneficios para las comunidades no son claros o tangibles.
¿Cree que estos proyectos generan beneficios para la comunidad? ¿Cuáles?	Sí, aunque de manera limitada. Muchas veces las acciones empresariales son superficiales y no generan impactos transformadores. Además, los procesos participativos suelen ser más informativos que consultivos.
¿Ha identificado conflictos o resistencias frente a estos proyectos? ¿Por qué razones?	Sí. Surgen principalmente cuando los proyectos afectan acceso a recursos naturales (tierra, agua), cuando se instalan en territorios colectivos o étnicos sin consulta previa adecuada, o cuando las comunidades quedan excluidas de los beneficios económicos.
Dimensión ambiental	
¿Cree que existe suficiente regulación o vigilancia sobre los efectos ambientales de estos proyectos?	No. Aunque existen normas generales, estas no han sido ajustadas al crecimiento acelerado de los proyectos solares, lo que deja vacíos importantes.
¿Considera que la regulación ambiental vigente realmente abarca los impactos asociados a los proyectos fotovoltaicos?	No del todo. Faltan lineamientos sobre uso del suelo en zonas agrícolas o ecosistemas frágiles, y sobre planes de cierre y recuperación al final de la vida útil del proyecto.

¿Qué impactos ambientales positivos y negativos ha observado o conoce asociados a estos proyectos?	<p>Positivos: reducción de emisiones contaminantes y diversificación de la matriz energética.</p> <p>Negativos: fragmentación del hábitat, alteración del paisaje, conflictos por uso de tierra y agua, y riesgo de pasivos ambientales por falta de planificación en el cierre.</p>
Dimensión económica	
¿Qué oportunidades o barreras financieras identifica para el desarrollo de proyectos fotovoltaicos?	La principal barrera es el acceso a financiación, especialmente para pequeños desarrolladores o proyectos comunitarios. Aunque existen incentivos como exenciones tributarias, no siempre son suficientes ni bien divulgados.
Para una empresa que genera energía actualmente con carbón en Colombia, ¿Qué aspectos considera que serían una dificultad, para reconvertirse a la generación solar fotovoltaica?	La infraestructura no es reutilizable, los costos iniciales son altos y hay barreras normativas y técnicas para integrarse al sistema eléctrico. Además, la falta de articulación institucional reduce la efectividad de los incentivos.
¿Considera que hay incentivos económicos para este tipo de proyectos?	Sí, pero su alcance es limitado y requieren fortalecimiento y mayor articulación público-privada.
¿Considera que los proyectos de energía solar son económicamente viables o sostenibles?	Sí, pueden ser sostenibles y rentables a largo plazo, siempre que exista un entorno regulatorio estable y acceso a financiamiento.
¿Ha identificado mecanismos financieros internacionales que podrían ser adaptados al contexto colombiano para fomentar la inversión en energía solar fotovoltaica?	Sí. Experiencias en América Latina han combinado inversión pública con capital privado bajo criterios de sostenibilidad, lo cual podría adaptarse a Colombia.
Debilidades - identificadas en la entrevista	<p>Regulación ambiental insuficiente para proyectos solares.</p> <p>Procesos participativos débiles (más informativos que consultivos).</p> <p>Falta de lineamientos para cierre y recuperación de proyectos.</p> <p>Limitado acceso a financiamiento para pequeños desarrolladores.</p> <p>Escasa articulación institucional entre entidades públicas y privadas.</p>

Oportunidades - identificadas en la entrevista	<p>Imagen positiva de la energía solar como tecnología “limpia”.</p> <p>Reducción de emisiones y diversificación de la matriz.</p> <p>Posibilidad de adaptar mecanismos financieros internacionales.</p> <p>Creciente interés en modelos híbridos o de transición.</p> <p>Potencial para descentralizar el sistema eléctrico.</p>
Temas relacionados directamente con el carbón	
Teniendo en cuenta el panorama mundial y nacional, ¿Cuál cree usted que sería el futuro del carbón en Colombia?	Debe reducirse progresivamente, pero con una transición planeada e inclusiva que considere el impacto en regiones mineras y trabajadores.
¿Conoce algún proyecto fotovoltaico a nivel internacional que haya reemplazado o transformado una planta termoeléctrica existente?	Sí, conoce experiencias internacionales, aunque en Colombia esto aún no es común. Considera viable explorar modelos híbridos o de transición gradual.
Cierre	
Qué opina de la arquitectura actual del sistema eléctrico colombiano	La describe como centralizada e inflexible, con barreras para nuevos actores.
¿Considera que las actuales políticas en materia de energía están alienadas con la realidad del contexto colombiano? En caso de no ser así, ¿qué ajustes o actualizaciones propondría?	<p>No del todo. Recomienda:</p> <p>Descentralización del sistema eléctrico.</p> <p>Inclusión de criterios de justicia energética.</p> <p>Mayor participación de actores comunitarios.</p> <p>Alineación real entre políticas energéticas y contexto territorial.</p>
Conclusiones y recomendaciones	<p>Juanita Giraldo plantea que los proyectos solares tienen buena aceptación social y ambiental en términos generales, pero su implementación aún presenta vacíos regulatorios, sociales y financieros.</p> <p>Considera fundamental:</p> <p>Fortalecer la regulación ambiental y los procesos de cierre.</p> <p>Mejorar la calidad de los procesos participativos.</p> <p>Facilitar acceso a financiamiento para pequeños proyectos.</p> <p>Promover una transición justa y gradual del carbón hacia renovables.</p> <p>Avanzar hacia la descentralización y justicia energética en el sistema eléctrico.</p>

Angela Sarmiento – Directora Ejecutiva CEERA – Centro de estudios de la energía renovable y el agua

Asunto/pregunta	Respuesta
Dimensión social	
¿Cómo percibe usted la aceptación social de los proyectos fotovoltaicos en su entorno?	La percepción como común denominador es muy alta, de cierta forma que es energía gratuita y fácil.
¿Cree que estos proyectos generan beneficios para la comunidad? ¿Cuáles?	Tienen beneficios para la comunidad que están sobreestimados.
¿Ha identificado conflictos o resistencias frente a estos proyectos? ¿Por qué razones?	En comunidades muy específicas, la comunidad tiene expectativas mayores a la realidad porque no se logra atender la necesidad básica energética, del costo real que va a tener. Tener paneles tiene una carga que las personas no están dispuestas a asumir, cuando se tiene un operador el responde por todo, mientras que, en el caso de la autogeneración, el usuario se vuelve responsable del funcionamiento, "le complica la vida", de pronto sin estar suficientemente informado antes de emprender este tipo de proyectos.
Dimensión ambiental	
¿Cree que existe suficiente regulación o vigilancia sobre los efectos ambientales de estos proyectos?	Los proyectos por debajo de 10MwH no tienen requerimientos ambientales. Y los que tienen licencias, no hay suficiente conocimiento. Las áreas donde se instalan paneles solares quitan acceso a la luz, impactan el subsuelo, las fuentes de agua, y hoy no se han hecho los estudios suficientes para mitigarlos o compensarlos. Que pasa con los químicos de un panel que se pueda romper, etc. No hay regulación sobre la disposición final de los paneles, que tienen 15 o 20 años de vida útil, y son proyectos con curva de eficiencia muy mala.

¿Considera que la regulación ambiental vigente realmente abarca los impactos asociados a los proyectos fotovoltaicos?	No, es insuficiente
Dimensión económica	
¿Qué oportunidades o barreras financieras identifica para el desarrollo de proyectos fotovoltaicos?	Cuando se va a financiar un proyecto se va a la banca, que tiene créditos blandos, tasas compensadas, es decir incentivos financieros para proyectos renovables. En la generación con carbón, los bancos han desmontado dentro de sus políticas, la financiación de proyectos con carbón. Hoy hay un escenario donde ha vuelto sobre la mesa la necesidad del abastecimiento energético con carbón, sin embargo, no es tan sencillo el financiamiento de inversión.
Debilidades - identificadas en la entrevista	El carbón da confiabilidad, pero baja sostenibilidad
Oportunidades - identificadas en la entrevista	El solar no garantiza una entrega de energía, hay que buscar un cliente que me quiera comprar la energía en los lapsos de tiempo en que se produce, que los hace atractivo desde la sostenibilidad, pero no desde la confiabilidad
Temas relacionados directamente con el carbón	
Teniendo en cuenta el panorama mundial y nacional, ¿Cuál cree usted que sería el futuro del carbón en Colombia?	No se va a dejar de usar el control. Y si vamos hacia un mercado negro de carbón, desde el punto de vista social es peor, condiciones laborales inferiores y ambientales más perjudiciales. Al haber una oferta y una demanda, se va a seguir usando, pero en condiciones cada vez menos adecuadas.
Cierre	
Qué opina de la arquitectura actual del sistema eléctrico colombiano	El sector viene con problemas, de un escenario de total inmovilidad a un desconocimiento de cómo funciona el sector energético, hay que encontrar soluciones de problemas de hace mucho tiempo. Se requieren cambios estructurales, con afán de bajar tarifas, y los hogares no funcionan con las actuales tarifas, pero la industria tampoco. El gobierno no tiene los equipos adecuados para lograr los cambios.

¿Considera que las actuales políticas en materia de energía están alienadas con la realidad del contexto colombiano? En caso de no ser así, ¿qué ajustes o actualizaciones propondría?	Las inversiones se pueden alargar más allá del periodo presidencial, por ser inversiones de largo plazo. En el caso particular del carbón es muy confiable y competitivo, y se pueden generar acciones para que sea más eficiente. Es posible que la solar, que se visualiza como lo más adecuado y eficiente y por su impacto en la producción y en el crecimiento de la economía colombiana, no lo es tanto por la confiabilidad del suministro y por el ciclo de vida de la infraestructura.
Conclusiones y recomendaciones	<p>Hay algunas que han decidido migrar a 100% a FNCER como AES, Celsia, Enel Green, pero hay otras que lo que hacen es diversificar el portafolio de generación.</p> <p>La falta de infraestructura, hay unos escasos en la asignación de puntos, hay casi 15 Gigas que tienen puntos asignados, que no tienen las condiciones financieras para empezar, buscando oferta, pero ante las condiciones se vuelve más complejas. Y para nuevos proyectos no hay puntos de conexión lo que lleva a un estancamiento desde el punto de vista práctico, salvo que sean muy pequeños. La materialidad de los proyectos no responde a la necesidad energética.</p> <p>Los proyectos pequeños son los que más se mueven, los de generación distribuida no dan confiabilidad porque no funcionan con batería.</p>

Milena Fonseca - Gobernación de Cundinamarca

Asunto/pregunta	Respuesta
Contexto de la experiencia del entrevistado	Secretaria de Energías y Minería Sostenible de Cundinamarca. Economista y Magister en Ciencias Económicas
Dimensión social	
¿Cómo percibe usted la aceptación social de los proyectos fotovoltaicos en su entorno?	No se ha tenido la oportunidad de ver la respuesta por parte de la comunidad ejecutado directamente por la secretaría. Pero por parte

	de empresas como ENEL están desarrollando un proyecto obras por impuestos para entrega de soluciones individuales, en donde han comentado que luego de haber estructurado y desarrollado el proyecto, las personas al final se abstienen de recibir el proyecto así no cuenten con energía. La gente no quiere recibir esas soluciones individuales. Sin embargo, Milena dice que esto puede que no sea el pareto de los casos. Ella considera que el mecanismo de obras por impuestos es muy lento en su aprobación, pues es un convenio que se firmó en 2023, en donde el MinMinas tenía que contratar la interventoría y apenas en el 2025 fue que se arrancó la implementación. Entonces la credibilidad de esa estructuración varió mucho en 3 años y pues la hipótesis es que por eso la gente haya cambiado de opinión y decidiera abstenerse de recibir esos proyectos.
¿Cree que estos proyectos generan beneficios para la comunidad? ¿Cuáles?	Si
¿Ha identificado conflictos o resistencias frente a estos proyectos? ¿Por qué razones?	El parque solar de Guaduas de 300MW ha tenido oposición porque la gente alrededor tiene muchas necesidades y a veces no logran ver los beneficios que esto trae, lo que ha requerido no solo las compensaciones obligatorias, sino compensaciones adicionales para atender un poco más esos requerimientos de la comunidad. Esto es independiente del topo de tecnología (solar, eólica, etc).
Dimensión ambiental	
¿Cree que existe suficiente regulación o vigilancia sobre los efectos ambientales de estos proyectos?	Contexto: En la secretaría de energía y minería se administran tres sectores: energia electrica, gas y combustible por redes y por ultimo el de minería. La funcion de la secretaría es velar por la expansión de la energía electrica y gas. En cuanto a FNCER se tiene una meta del plan de desarrollo en 4 programas. No se han encontrado muchos casos de exito de como otros departamentos estan incorporando el tema de sostenibilidad en su cotidianidad y funciones a nivel de secretaría o IPSE, Minsterio, Fenoge (mantenimiento preventivo a este tipo de infraestructura sin casos de éxito).

	<p>Implementación de la regulación: Para nuevos proyectos, los tiempos de licenciamiento ambiental y consulta previa siguen representando una gran barrera. En virtud de esto, milena trae a colación que en el 2018 aprox, El gobierno nacional sacó un CONPES para proyectos de interés nacional y estrategicos, en el cual el objetivo era tener una mesa de seguimiento a esos proyectos con barreras mencionadas, le hacian seguimiento a esos proyectos para que se cumplan los tiempos normales de esos trámites en los términos de la ley.</p> <p>La regulación es muy nueva. No se ha encontrado un caso que los deje tranquilos. Están recibiendo de fenoge (a través de un convenio) una infraestructura de paneles solares para colegios, lo que podría ser considerado como un tema de autogeneración. Aún se esta definiendo como se va a operar y mantener estos sistemas. Hay casos en los que se entrega la infraestructura y las comunidades las han dejado abandonadas e inoperantes, pues cuando se dañan algunos paneles no se intervienen. Solo se dejan perder.</p>
¿Considera que la regulación ambiental vigente realmente abarca los impactos asociados a los proyectos fotovoltaicos?	Desconoce los impactos asociados.
Dimensión económica	
¿Considera que hay incentivos económicos para este tipo de proyectos?	Existen muchas figuras para financiamiento. Ahora mismo hay dos programas "comunidades energéticas" y "territorios energéticamente sostenibles". En comunidades energéticas esta la opción de que privados hagan aportes, por ejemplo. Del caso puntual de los colegios es algo financiado por completo por parte del gobierno nacional.
¿Considera que los proyectos de energía solar son económicamente viables o sostenibles?	No tiene claro si se pueden capitalizar los activos renovables.
¿Ha identificado mecanismos financieros internacionales que podrían ser adaptados al contexto colombiano para fomentar la inversión en energía solar fotovoltaica?	hay muchos fondos a los que uno puede acudir, como el FONDES. Por su parte Cooperación internacional no está enfocado sino solo a estructuración y no a operación de los proyectos. Para los privados si hay opciones múltiples, como por ejemplo las diferentes

	líneas de financiamiento con la banca de segundo nivel.
Debilidades - identificadas en la entrevista	<p>Carga condicionada a partir de 2027, porque actualmente la demanda de energía se puede abastecer actualmente, sin embargo, a futuro si podría verse comprometida la satisfacción de la demanda por la entrada de proyectos que cuenta con retrasos.</p> <p>El problema no son las baterías de los proyectos porque no se están hablando de proyectos que se tenfgan que conectar al SIN, sino el mantenimiento de los activos, que con el paso del tiempo nadie se hace cargo de su continuidad.</p>
Oportunidades - identificadas en la entrevista	Le están realizando seguimiento a través de mesas técnicas al Grupo de Energía Bogotá que tiene a cargo dos proyectos grandes de renovables que cuentan con atrasos.
Temas relacionados directamente con el carbón	
Teniendo en cuenta el panorama mundial y nacional, ¿Cuál cree usted que sería el futuro del carbón en Colombia?	según milena es costoso, pero es necesario. Por ejemplo, Cundinamarca necesita a Termozipa porque es confiable cuando no están disponibles las renovables. Todo tiene que ser basado en la realidad, no se puede pasar de un solo golpe a FNCER, porque hay muchos sectores o comunidades donde solo saben operar con hidrocarburos. Todo debe pasar por una transición. Ella dice que no debería ser a través de temas tributarios que se intente desaparecer la industria porque eso incentiva la ilegalidad. El gobierno debería acompañar a las empresas que están tratando de hacerlo bien en vez de incluir tantas barreras.

Eduardo Ospina – CEO Unergy

Asunto/pregunta	Respuesta
Contexto de la experiencia del entrevistado	Eduardo lleva varios años trabajando en el sector de energía solar en Colombia, y en particular en Unergy nos hemos especializado en desarrollar minigranjas

	solares: proyectos fotovoltaicos de alrededor de 1 MW conectados a la red local, que permiten que inversionistas y comunidades participen de la transición energética y reciban ingresos por generar energía limpia.
Dimensión social	
¿Cómo percibe usted la aceptación social de los proyectos fotovoltaicos en su entorno?	<p>En este camino me ha tocado ver toda la cadena: desde la identificación del terreno y el trabajo con comunidades, pasando por el licenciamiento ambiental y los trámites con las autoridades, hasta el cierre financiero y la operación de los proyectos. También hemos trabajado con inversionistas locales e internacionales que ven a Colombia como un país clave para crecer en renovables, en parte por el marco normativo de las Leyes que promueven las fuentes no convencionales de energía renovable. La aceptación social es alta, especialmente en zonas rurales donde los proyectos traen inversión, empleo temporal y, muchas veces, orgullo local por “tener un proyecto de energía limpia”. Hay mucho menos ruido social que el que típicamente genera un proyecto minero o una central térmica de carbón.</p> <p>Sin embargo, esa aceptación no es automática. Si el desarrollador llega tarde a conversar con la comunidad, o no explica bien el modelo, aparecen desconfianzas: temor a perder la tierra, dudas sobre quién se queda con los beneficios, o comparaciones con experiencias negativas de otros sectores extractivos.</p>
¿Cree que estos proyectos generan beneficios para la comunidad? ¿Cuáles?	<p>Sí, cuando se hacen bien, los proyectos traen varios beneficios concretos:</p> <p>Empleo local en construcción (aunque es temporal) y algunos puestos más estables en operación y mantenimiento.</p> <p>Ingresos para propietarios de tierra por arriendos de largo plazo o servidumbres.</p>

	<p>Mejoras en infraestructura local, por ejemplo vías terciarias, cerramientos, o reforzamiento de redes eléctricas.</p> <p>Programas sociales o ambientales asociados al proyecto (formación técnica, educación en temas de energía, apoyo a iniciativas comunitarias).</p> <p>En algunos casos, tarifas más competitivas o acuerdos de suministro con empresas o entidades cercanas, lo que fortalece la economía local.</p>
¿Ha identificado conflictos o resistencias frente a estos proyectos? ¿Por qué razones?	Sí, hay resistencias y suelen venir de tres frentes: Uso del suelo; desconfianza institucional; percepción de desigualdad en los beneficios
Dimensión ambiental	
¿Cree que existe suficiente regulación o vigilancia sobre los efectos ambientales de estos proyectos?	<p>Colombia tiene un marco regulatorio robusto en el papel. Más recientemente, el Gobierno ha impulsado un esquema de licencia ambiental con diseño optimizado para proyectos solares entre 10 y 100 MW, que busca agilizar los trámites pero manteniendo exigencias técnicas.</p> <p>El reto no es tanto la ausencia de normas, sino en la capacidad técnica y recursos de las autoridades para hacer seguimiento detallado; manejar los impactos acumulativos cuando se concentran varios proyectos en una misma región; y unificar criterios entre diferentes autoridades ambientales.</p>
¿Considera que la regulación ambiental vigente realmente abarca los impactos asociados a los proyectos fotovoltaicos?	<p>Diría que cubre los impactos principales, pero aún tiene vacíos: Regula bien temas como uso del suelo, manejo de aguas, fauna y flora, y participación ciudadana. Pero aún puede mejorar aspectos como: Gestión de residuos de paneles y equipos al final de su vida útil; lineamientos claros sobre restauración ecológica y usos alternativos del suelo bajo los paneles (por ejemplo, agrovoltaica); evaluación de impactos acumulativos en corredores de</p>

	<p>biodiversidad y paisajes culturales. Es una regulación pensada originalmente para grandes proyectos de infraestructura y se está ajustando progresivamente a la lógica de renovables distribuidas.</p>
<p>¿Qué impactos ambientales positivos y negativos ha observado o conoce asociados a estos proyectos?</p>	<p>Positivos:</p> <p>Reducción importante de emisiones de CO₂ frente a generación a carbón. Menor uso de agua en comparación con termoeléctricas o algunas hidroeléctricas. Oportunidad de recuperar o dar un uso productivo a suelos degradados (antiguas minas, lotes erosionados).</p> <p>Negativos (si no se gestionan bien): Cambio en el uso del suelo y pérdida de cobertura vegetal. Fragmentación de hábitats y afectación de fauna.</p> <p>Impactos paisajísticos. Riesgos asociados a residuos electrónicos y materiales de los paneles.</p>
<p>Dimensión económica</p>	
<p>¿Qué oportunidades o barreras financieras identifica para el desarrollo de proyectos fotovoltaicos?</p>	<p>Oportunidades:</p> <p>Costos de la tecnología en caída: el costo nivelado de la energía solar ha disminuido de forma drástica en la última década, haciéndola competitiva frente a fuentes convencionales.</p> <p>Marco de incentivos tributarios</p> <p>Interés creciente de fondos de inversión, banca multilateral y finanzas verdes</p> <p>Barreras:</p> <p>Costo de capital y riesgo país: las tasas de interés locales, la volatilidad cambiaria y la percepción de riesgo regulatorio encarecen el financiamiento.</p> <p>Capacidad de conexión a la red y congestiones en algunas zonas, que introducen incertidumbre sobre plazos y costos.</p> <p>Complejidad y tiempos de trámites (ambientales, conexión, entre otros), que</p>

	afectan la bancabilidad de pequeños y medianos proyectos.
Para una empresa que genera energía actualmente con carbón en Colombia, ¿Qué aspectos considera que serían una dificultad, para reconvertirse a la generación solar fotovoltaica?	Una central térmica a carbón que piense en reconversión enfrentaría varios retos: Naturaleza del recurso, pues el carbón es energía firme y controlable; la solar es variable y depende del clima. Eso implica rediseñar completamente el modelo operativo e incorporar almacenamiento o contratos de respaldo. Infraestructura existente: Parte de la infraestructura (subestaciones, líneas) puede reutilizarse, pero las calderas, turbinas y manejo de carbón quedan obsoletos. Hay costos hundidos y potenciales activos varados. Reentrenamiento laboral retardador, por el cambio de perfil de los trabajadores en una solar fotovoltaica.
¿Considera que hay incentivos económicos para este tipo de proyectos?	En términos normativos, sí hay un paquete de incentivos atractivo: *Beneficios en renta, IVA y aranceles. *Programas de licenciamiento ambiental optimizado para proyectos solares medianos, que reducen tiempos y por ende costos financieros. Con estos elementos, y con los costos actuales de la tecnología, los proyectos solares bien estructurados son económicamente viables y competitivos en Colombia. Lo vemos nosotros mismos, pues hay apetito de inversión y, en muchos casos, el costo de la energía solar a largo plazo es menor que seguir comprando exclusivamente de la bolsa de energía o de plantas fósiles
¿Considera que los proyectos de energía solar son económicamente viables o sostenibles?	La viabilidad depende de tener contratos de largo plazo claros (PPAs) o esquemas de autogeneración/venta a la red bien diseñados y gestionar adecuadamente los riesgos de construcción, de recurso solar, de conexión y regulatorios.
¿Ha identificado mecanismos financieros internacionales que podrían ser adaptados al	Fondos climáticos internacionales; Bonos verdes y bonos de transición emitidos por empresas o gobiernos.

contexto colombiano para fomentar la inversión en energía solar fotovoltaica?	
Teniendo en cuenta el panorama mundial y nacional, ¿Cuál cree usted que sería el futuro del carbón en Colombia?	Colombia ha sido tradicionalmente un exportador neto de carbón térmico y el uso interno está principalmente en centrales térmicas y en algunas industrias. Mirando el panorama global (acuerdos climáticos, políticas de descarbonización en Europa y otros mercados) y la meta del país de ser carbono neutral en 2050, el futuro del carbón en Colombia, en mi opinión, tendría lo siguiente: Reducción progresiva del rol del carbón en generación eléctrica interna, manteniéndolo algunos años como respaldo mientras se desarrollan más renovables, almacenamiento y flexibilidad del sistema.
¿Conoce algún proyecto fotovoltaico a nivel internacional que haya reemplazado o transformado una planta termoeléctrica existente?	Sí, hay varios ejemplos internacionales interesantes, por ejemplo, en Estados Unidos, proyectos solares en Nuevo México han reemplazado plantas de carbón desmanteladas por un parque solar de alrededor de 200 MW, reutilizando la conexión a la red y parte de la infraestructura existente.
Cierre	
Qué opina de la arquitectura actual del sistema eléctrico colombiano	El sistema eléctrico colombiano ha sido históricamente hidrodominante, con respaldo térmico y un despacho centralizado que ha dado buena confiabilidad, pero que hoy enfrenta nuevos retos: variabilidad climática con fenómenos de El Niño o la Niña más fuertes, mayor incursión de renovables variables y demandas crecientes de electrificación (transporte, industria).
¿Considera que las actuales políticas en materia de energía están alienadas con la realidad del contexto colombiano? En caso de no ser así, ¿qué ajustes o actualizaciones propondría?	El sistema tiene buenas bases, pero la velocidad del cambio climático y de la tecnología exige acelerar las reformas para que la arquitectura del mercado y de la red sea coherente con un futuro de alta incursión de renovables como la solar, eólica, almacenamiento y participación de los usuarios.

<p>Conclusiones y recomendaciones</p>	<p>Eduardo dice que la transición de una planta térmica a carbón hacia la energía solar no es un lujo, es una necesidad que se viene sí o sí. La pregunta ya no es si va a pasar, sino cómo y a qué ritmo. Lo más sensato no es apagar el carbón de un día para otro, sino ir construyendo un modelo mixto.</p> <p>Dar el primer paso con un proyecto piloto solar, aprovechando la misma infraestructura de la planta y ojalá en terrenos ya intervenidos, es una forma inteligente de aprender, reducir emisiones y empezar a bajar la dependencia del carbón sin poner en riesgo la operación. Pero esta transición no va solo de cables y paneles, también pasa por las personas. Hay que hablar de frente con trabajadores y comunidad, ofrecer caminos de formación y mostrar beneficios concretos en el territorio, para que se sienta como una oportunidad compartida y no como una amenaza.</p> <p>Hoy la tecnología está madura, hay incentivos y hay financiamiento para quienes demuestren que van en serio con la descarbonización. Quedarse quietos es un riesgo; empezar con un piloto bien pensado es una forma responsable de cuidar el negocio, a la gente y el entorno al mismo tiempo.</p>
--	--

APENDICE D - RESULTADOS DE ENCUESTAS

Con el propósito de conocer las percepciones, experiencias y valoraciones de actores del sector energético frente a la transición hacia sistemas fotovoltaicos en Colombia, se aplicó una encuesta estructurada a través de la plataforma Microsoft forms. El instrumento fue diseñado para recopilar opiniones sobre aspectos técnicos, regulatorios, ambientales y formativos que inciden en la adopción de tecnologías solares en el país.

La encuesta estuvo orientada a identificar los retos, oportunidades, y condiciones necesarias para el despliegue eficiente de proyectos de energía solar, así como la interacción de esta fuente con otras tecnologías del país. En total se obtuvieron 18 respuestas, lo que permitió recoger una diversidad de perspectivas provenientes de profesionales vinculados a áreas como generación, regulación, academia y consultoría.

A continuación, se presenta el formulario utilizado para la recolección de información, el cual fue elaborado en Microsoft forms y aplicado a profesionales del sector energético:

CONSENTIMIENTO Y CONFIDENCIALIDAD

El objetivo de la información recopilada es exclusivamente para fines académicos. Su participación es voluntaria, sus datos personales serán tratados con confidencialidad y reserva, sus respuestas serán utilizadas para mostrar información estadística agregada y/o anónima y no se utilizarán para ningún otro fin.

No existen riesgos conocidos asociados a su participación. Al continuar con la encuesta, confirma que ha sido informado/a y acepta participar de forma libre y consciente.

Acepto
No acepto

DATOS GENERALES

Nombre y Apellido Texto de una sola línea.

Escriba su respuesta

4.ProfesiónRespuesta necesaria. Texto de una sola línea.

Escriba su respuesta

5.OcupaciónRespuesta necesaria. Texto de una sola línea.

Escriba su respuesta

6. Si sus respuestas son formuladas en representación de una agremiación, asociación o entidad indique cuál. En caso contrario serán tenidas en cuenta como su opinión personal. Texto de una sola línea.

Escriba su respuesta

7. En qué sector/área ha tenido experiencia profesional Respuesta necesaria. Elección múltiple.

Público
Privado
Nacional
Internacional
Académico

8. Si desea conocer los resultados agregados de la encuesta y/o del contenido del trabajo de grado, por favor diligencie un correo electrónico: Texto de una sola línea.

Escriba su respuesta

9. PARTE 1 - PARTICIPACIÓN EN PROYECTOS SOLARES FOTOVOLTAICOS

¿Ha participado o conoce con algún nivel de profundidad sobre proyecto(s) de implementación de generación solar fotovoltaica? Respuesta necesaria. Opción única.

Si
No

10. ¿El proyecto ha tenido/tuvo retrasos frente a los cronogramas planteados? Respuesta necesaria. Opción única.

Si ha tenido retrasos
No ha tenido retrasos
Desconozco si ha tenido retrasos

11. ¿A qué causas se le podrían atribuir los retrasos del proyecto? Puede seleccionar más de una opción. Respuesta necesaria. Elección múltiple.

Estratégicas
Operativas
Tributarias
Requisitos o condiciones desfavorables de financiación
Dificultades para acceder a la financiación
Desconocimiento de oferta de financiación
Consulta previa/conflicto con comunidades
Licencias ambientales

Trámites de conexión

Lo desconozco

Otra...

12. ¿En qué fase se dieron los retrasos? Puede seleccionar más de una opción.

Respuesta necesaria. Elección múltiple.

Estudios o viabilidad

Preoperativa

Operativa

No sabría describir las causas con certeza

Otra...

13. ¿Qué tipo de proyectos solares considera que son más viables para su empresa o en el ámbito en el que labora? Puede seleccionar más de una opción. Respuesta necesaria. Elección múltiple.

Sistemas solares a gran escala (plantas solares)

Sistemas solares distribuidos (por ejemplo, techos solares)

Comunidades energéticas

Todas las anteriores

Otra...

14. ¿Cuál es el rango de capacidad instalada (MW) que está considerando, desarrollando para el proyecto, o que este tiene actualmente? Puede seleccionar más de una opción. Respuesta necesaria. Elección múltiple.

Menos de 1 MW

Hasta 10 MW

De 11-50 MW

De 51-100 MW

Más de 101 MW

15. ¿Qué fuentes de financiación utilizaría o está utilizando? Puede seleccionar más de una opción. Respuesta necesaria. Elección múltiple.

Créditos bancarios

Inversionistas privados/fondos de inversión

Incentivos o subsidios del gobierno

Recursos propios

16. PARTE 2 - PROYECTOS SOLARES EN OPERACIÓN

¿Cuenta con experiencia con proyectos solares fotovoltaicos en operación?

Respuesta necesaria. Opción única.

Si

No

17. Si ha tenido oportunidad de participar en proyectos que se encuentren en operación o conoce de alguno, ¿Cuál es el tiempo proyectado o ha sido el periodo de tiempo para llegar a un punto de equilibrio? Respuesta necesaria. Elección múltiple.

De 1 a 3 años
De 4 a 5 años
De 6 a 10 años
De 11 a 20 años
Más de 20 años
Desconozco la respuesta

18. ¿Qué aspectos considera que representan los mayores riesgos o dificultades en la etapa de operación de un proyecto solar? Puede seleccionar más de una opción. Respuesta necesaria. Elección múltiple.

Estratégicos
Operativos
Tributarios
Financieros
Relacionamiento con comunidades
Requerimientos ambientales
Relacionamiento con entidades del estado
Inestabilidad jurídica
Otra...

19. ¿Qué oportunidades conoce o cree que se detectarían durante la operación del proyecto solar? Puede seleccionar más de una opción. Respuesta necesaria. Elección múltiple.

Técnicos
Tecnológicos
Tributarios
Macroeconómicos
Financieros
Relacionamiento con comunidades
Ambientales
Climáticos
Normativos o regulatorios
Estrategias y políticas públicas
Convenios internacionales
Otra...

20. PARTE 3 - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en su conocimiento y experiencia, las necesidades y condiciones

económicas, geográficas y climáticas de Colombia. Por favor asigne una puntuación, a las formas de generar energía eléctrica que considera más adecuadas para el país, siendo 1 Nada recomendable, y 5 Altamente recomendable. Respuesta necesaria. Likert.

1 nada recomendable	2 poco recomendable	3 neutral	4 recomendable	5 altamente recomendable
Térmica con Gas				
Térmica con Carbón				
Hidroeléctrica				
Eólica				
Solar Fotovoltaica				
Biomasa				
Geotérmica				

21. ¿Cuál considera que es el objetivo principal para optar por la generación de energía solar? Puede seleccionar más de una opción. Respuesta necesaria. Elección múltiple.

Reducción de costos operativos
 Cumplimiento regulatorio
 Mejora de imagen corporativa
 Diversificación del portafolio energético
 Reducción de la contaminación
 Alineación con las políticas e iniciativas nacionales e internacionales (Ej: NDC, Acuerdo de Paris, etc.)
 Otra...

22. En relación con la generación eléctrica con carbón actualmente en Colombia, ¿con cuál de las siguientes afirmaciones se identifica más? Respuesta necesaria. Opción única.

Es inadmisable que Colombia siga produciendo energía eléctrica con carbón
 Colombia debe cumplir los compromisos adquiridos en el acuerdo de Paris, de reducir las emisiones de Gases Efecto Invernadero - GEI al 50% en el año 2030
 Colombia debe priorizar la producción y el crecimiento económico sobre la forma en que se genera energía
 Colombia debe diversificar su matriz energética con renovables, sin dejar 100% la generación con carbón, pues esta le otorga confiabilidad y firmeza al sistema energético nacional

23. ¿Qué aspectos considera que han sido/son los más complejos en la implementación de proyectos solares? Puede seleccionar más de una opción.
Respuesta necesaria. Elección múltiple.

Estratégicos
Operativos
Tributarios
Financieros
Relacionamiento con comunidades
Requerimientos ambientales
Relacionamiento con entidades del estado
Inestabilidad jurídica
Otra...

24. ¿Con base en la situación actual colombiana como percibe el ambiente de inversión para proyectos solares fotovoltaicos? Respuesta necesaria. Opción única.

Muy favorable: Existen múltiples incentivos, condiciones económicas y regulatorias atractivas para invertir en estos proyectos.

Favorable: Hay oportunidades razonables de inversión, aunque con algunos desafíos que pueden gestionarse.

Neutral: El ambiente de inversión es incierto o inestable, con igual probabilidad de oportunidades o riesgos.

Desfavorable: Predominan los riesgos o barreras que desincentivan la inversión.

Muy desfavorable: Existen numerosas barreras económicas, regulatorias o sociales que dificultan seriamente la inversión en estos proyectos.

Otra...

25. Teniendo en cuenta el panorama mundial y nacional, ¿Cuál cree usted que sería el futuro del carbón en Colombia? Respuesta necesaria. Opción única.

Declive acelerado: La generación a carbón desaparecerá en el corto plazo (menos de 10 años) debido a presiones ambientales, económicas y sociales.

Reducción progresiva: La participación del carbón disminuirá gradualmente en el mediano plazo (10-20 años) con políticas de transición energética y sustitución por renovables.

Estabilidad relativa: El carbón mantendrá un papel relevante, aunque reducido, durante las próximas décadas, especialmente en zonas con alta dependencia.

Transformación tecnológica: El carbón podría mantenerse mediante tecnologías limpias o de captura de carbono (CCUS, gasificación, etc.).

Permanencia sin cambios: El carbón seguirá siendo una fuente central de generación eléctrica y actividad económica, sin cambios significativos en su participación actual.

Otra...

26. ¿Qué recomendaciones daría al gobierno nacional para incentivar el emprendimiento de proyectos de generación eléctrica solar fotovoltaica? Respuesta necesaria. Elección múltiple.

Fortalecer los incentivos fiscales (descuentos tributarios, exenciones de IVA, beneficios arancelarios).

Facilitar el acceso a financiamiento mediante créditos blandos, fondos verdes o garantías estatales.

Simplificar y agilizar los trámites regulatorios (licencias ambientales, conexión a red, permisos).

Garantizar estabilidad jurídica y regulatoria para proyectos de generación renovable

Promover la creación de mercados de energía a largo plazo (contratos PPA, subastas específicas para solares).

Desarrollar infraestructura para facilitar la conexión a red (líneas, subestaciones).

Fomentar la investigación, desarrollo e innovación tecnológica en energías renovables.

Capacitar y formar talento humano especializado en energía solar y transición energética.

Fortalecer campañas de sensibilización ciudadana sobre los beneficios de la energía solar.

27. Para una empresa que genera energía actualmente con carbón en Colombia, ¿Qué aspectos considera que serían una dificultad, para reconvertirse a la generación solar fotovoltaica? Elección múltiple.

Alta inversión inicial requerida para la reconversión.

Limitaciones técnicas o de espacio disponible para instalación de sistemas solares

Incertidumbre jurídica o cambios en la política energética nacional.

Dificultades para la conexión a la red o disponibilidad limitada de infraestructura eléctrica.

Resistencia organizacional o cultural al cambio tecnológico.

Pérdida de empleos asociados a la operación tradicional de carbón.

Baja generación en comparación con la demanda energética actual de la empresa.

Otra...

28. ¿Tiene algún comentario adicional que considere que puede ser de utilidad para el desarrollo de proyectos de transición a generación de energía solar fotovoltaica?

Gráficas de los resultados generados por Microsoft Forms

Con el fin de visualizar de manera clara y comparativa las tendencias identificadas en las respuestas de los participantes, Microsoft Forms generó automáticamente un conjunto de gráficas descriptivas correspondientes a cada una de las preguntas del formulario. Las gráficas presentadas a continuación facilitan la interpretación de los datos obtenidos que permiten entender de manera más precisa las

percepciones de los actores del sector energético frente a la transición hacia sistemas fotovoltaicos en Colombia.

A la pregunta 1:

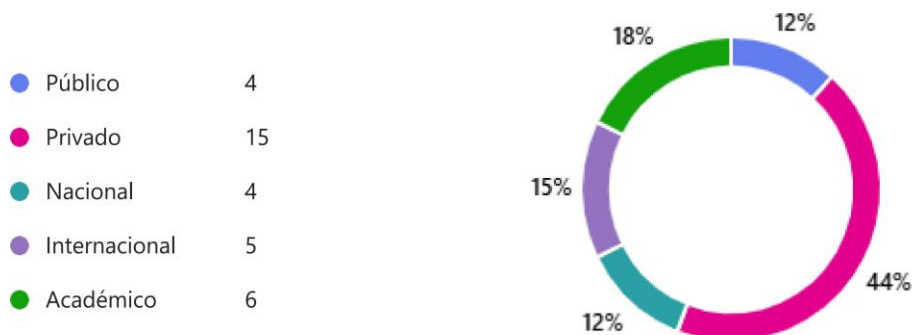
El objetivo de la información recopilada es exclusivamente para fines académicos. Su participación es voluntaria, sus datos personales serán tratados con confidencialidad y reserva, sus respuestas serán utilizadas para mostrar información estadística agregada y/o anónima y no se utilizarán para ningún otro fin.

No existen riesgos conocidos asociados a su participación. Al continuar con la encuesta, confirma que ha sido informado/a y acepta participar de forma libre y consciente.



A la pregunta:

En qué sector/área ha tenido experiencia profesional



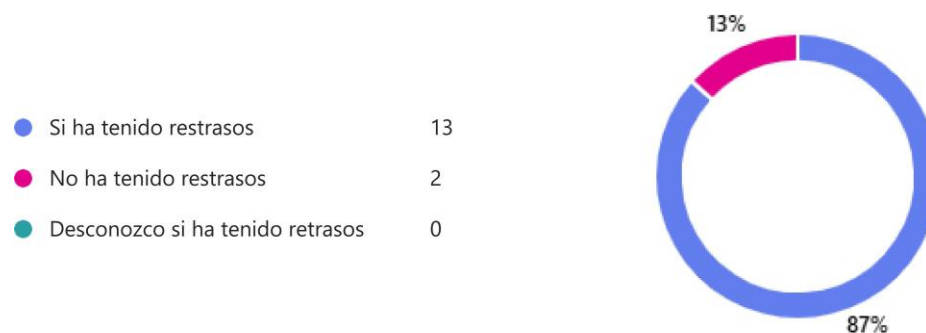
A la pregunta 9:

¿Ha participado o conoce con algún nivel de profundidad sobre proyecto(s) de implementación de generación solar fotovoltaica?



A la pregunta 10:

¿El proyecto ha tenido/tuvo retrasos frente a los cronogramas planteados?



A la pregunta 11:

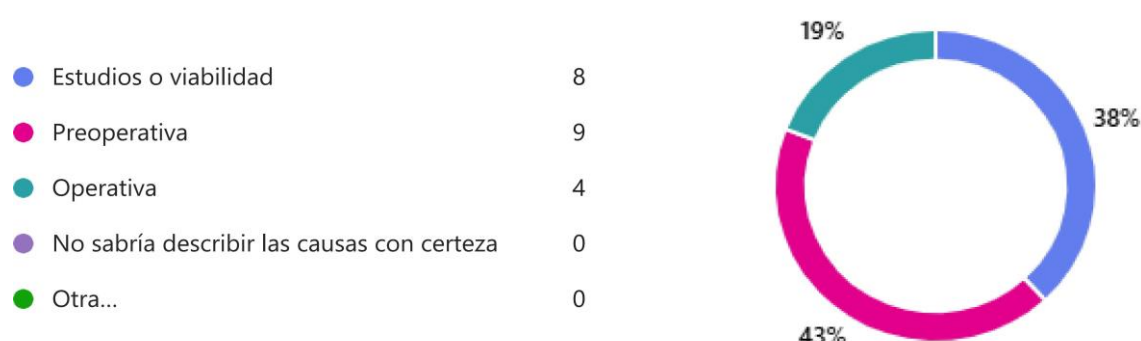
¿A qué causas se le podrían atribuir los retrasos del proyecto? Puede seleccionar más de una opción.

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.



A la pregunta 12:

¿En qué fase se dieron los retrasos? Puede seleccionar más de una opción.



A la pregunta 13:

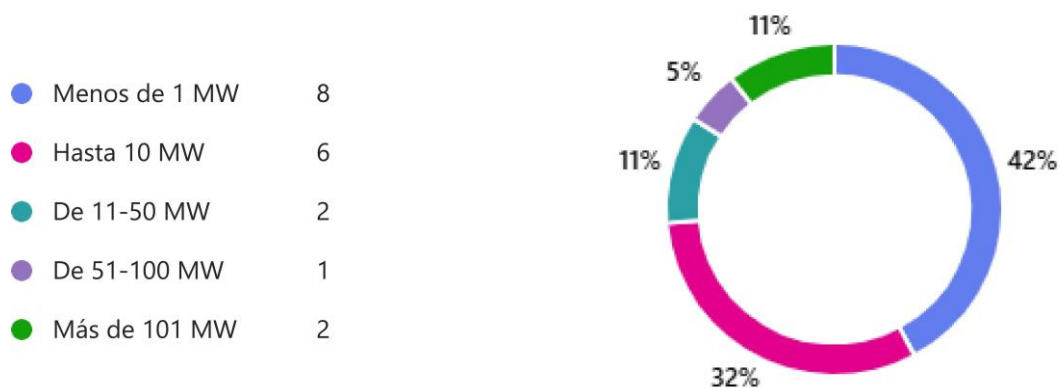
¿Qué tipo de proyectos solares considera que son más viables para su empresa o en el ámbito en el que labora? Puede seleccionar más de una opción.

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.



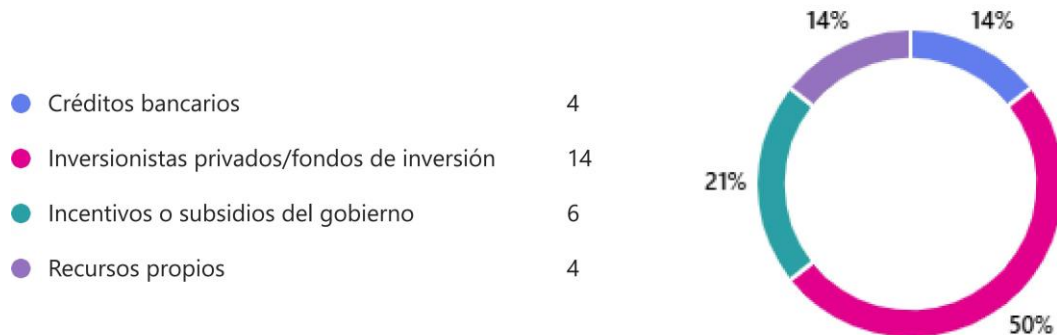
A la pregunta 14:

¿Cuál es el rango de capacidad instalada (MW) que está considerando, desarrollando para el proyecto, o que este tiene actualmente? Puede seleccionar más de una opción.



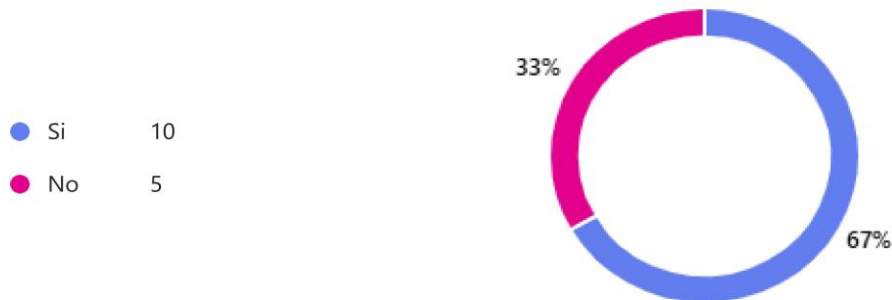
A la pregunta 15:

¿Qué fuentes de financiación utilizaría o está utilizando? Puede seleccionar más de una opción.



A la pregunta 16:

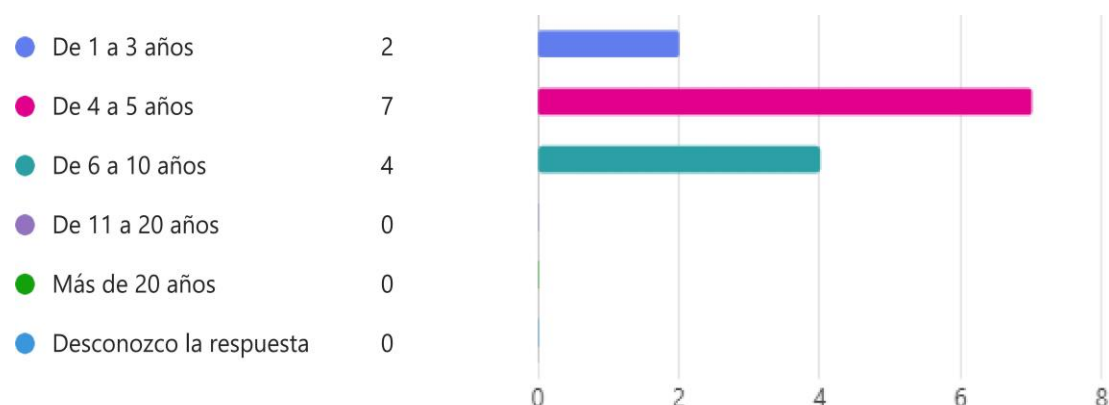
¿Cuenta con experiencia con proyectos solares fotovoltaicos en operación?



A la pregunta 17:

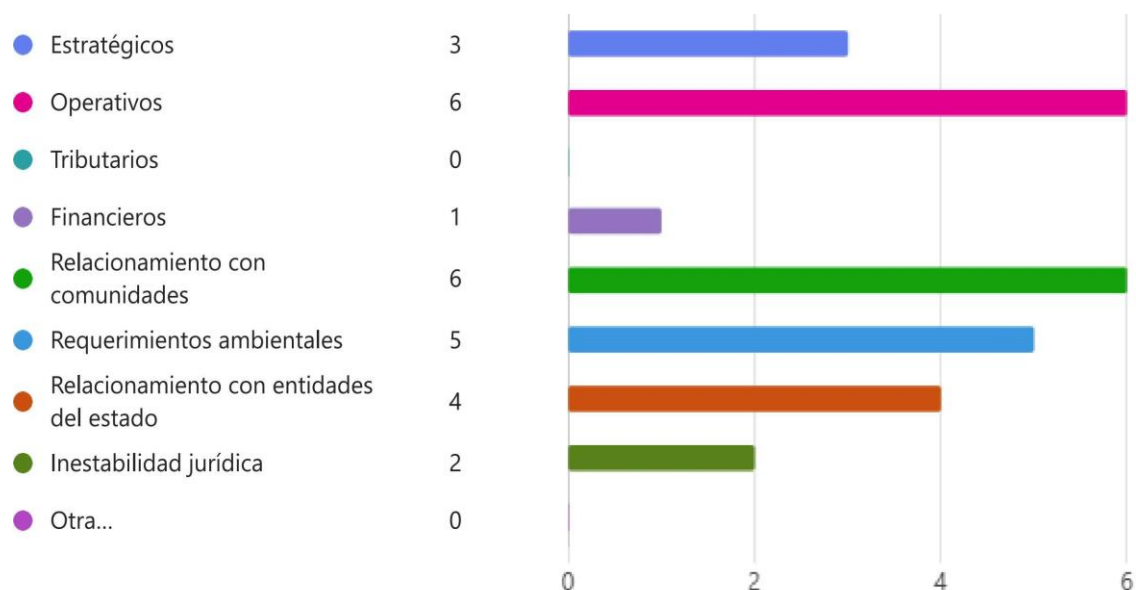
Si ha tenido oportunidad de participar en proyectos que se encuentren en operación o conoce de alguno, ¿Cuál es el tiempo proyectado o ha sido el periodo de tiempo para llegar a un punto de equilibrio?

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.



A la pregunta 18:

¿Qué aspectos considera que representan los mayores riesgos o dificultades en la etapa de operación de un proyecto solar? Puede seleccionar más de una opción.



A la pregunta 19:

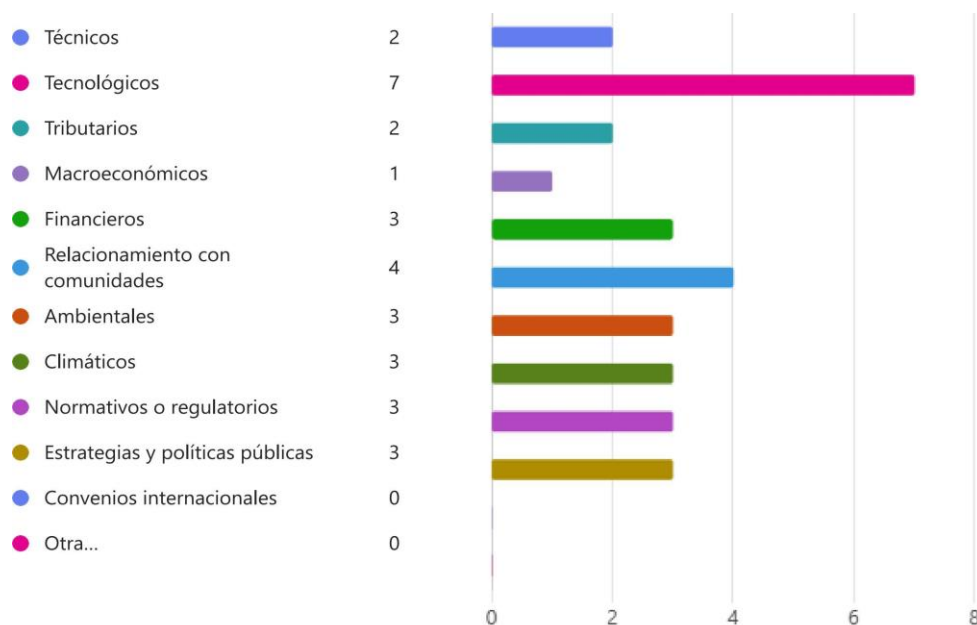
¿Qué oportunidades conoce o cree que se detectarían durante la operación del proyecto solar? Puede seleccionar más de una opción.

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD

TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA

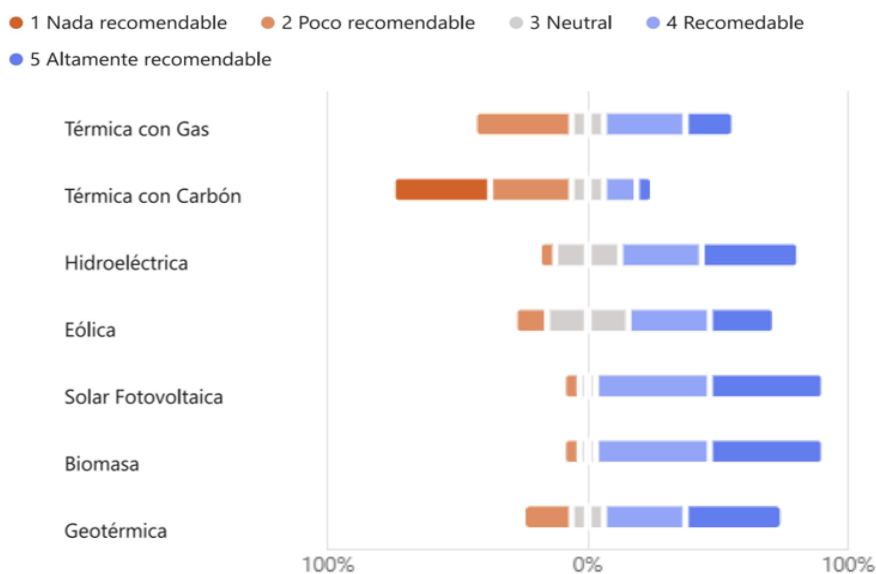
APENDICE

Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.



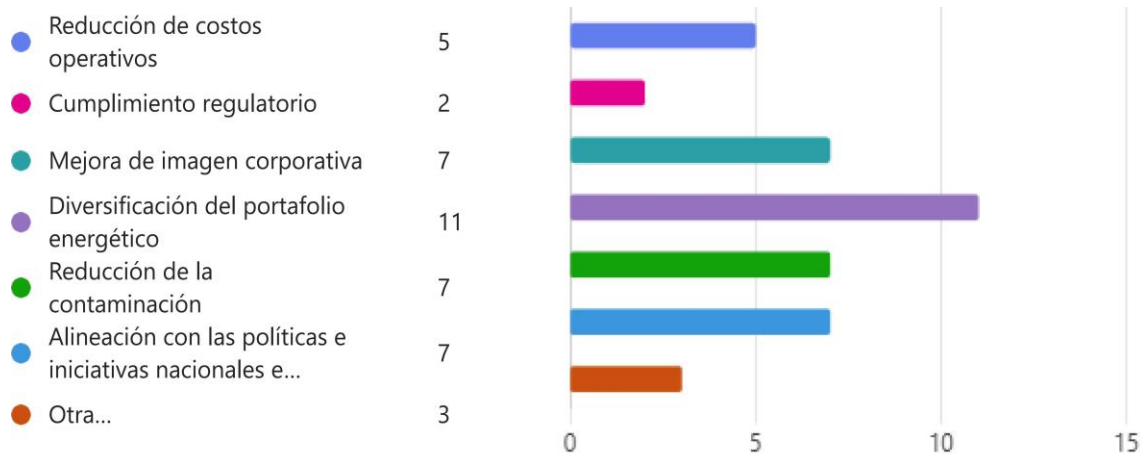
A la pregunta 20:

Con base en su conocimiento y experiencia, las necesidades y condiciones económicas, geográficas y climáticas de Colombia. Por favor asigne una puntuación, a las formas de generar energía eléctrica que considera más adecuadas para el país, siendo 1 Nada recomendable, y 5 Altamente recomendable.



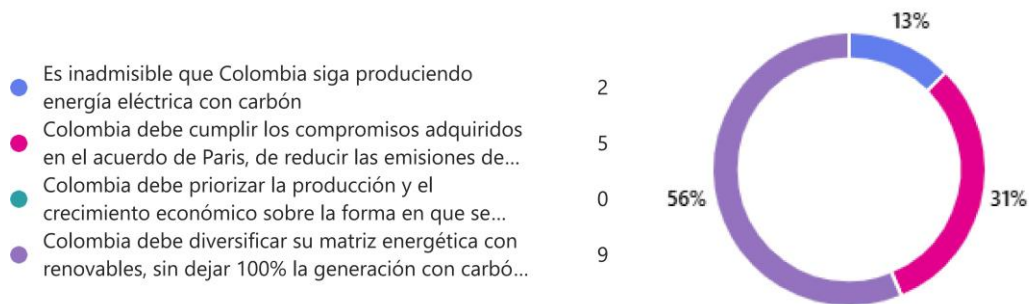
A la pregunta 21:

¿Cuál considera que es el objetivo principal para optar por la generación de energía solar? Puede seleccionar más de una opción.



A la pregunta 22:

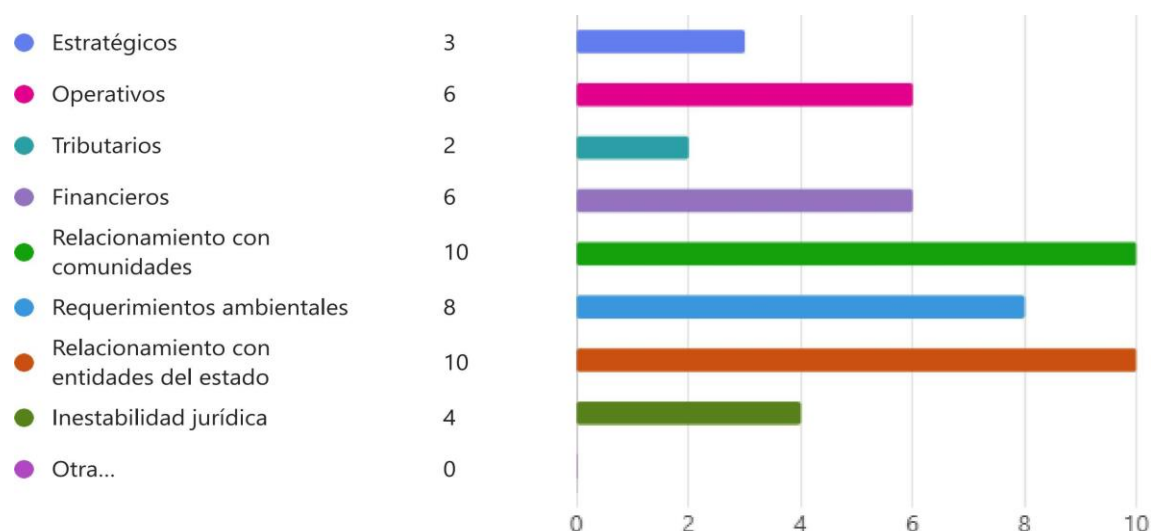
En relación con la generación eléctrica con carbón actualmente en Colombia, ¿con cuál de las siguientes afirmaciones se identifica más?



A la pregunta 23:

¿Qué aspectos considera que han sido/son los más complejos en la implementación de proyectos solares? Puede seleccionar más de una opción.

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.



A la pregunta 24:

¿Con base en la situación actual colombiana como percibe el ambiente de inversión para proyectos solares fotovoltaicos?



A la pregunta 25:

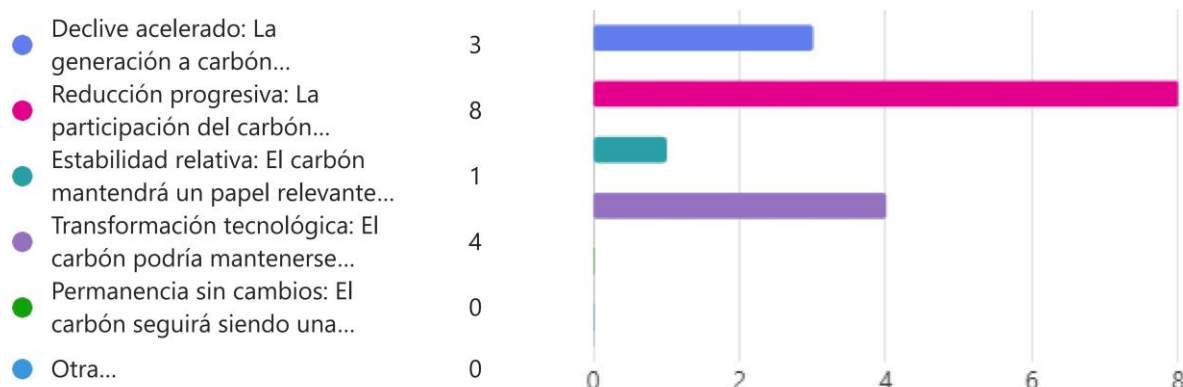
Teniendo en cuenta el panorama mundial y nacional, ¿Cuál cree usted que sería el futuro del carbón en Colombia?

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD

TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA

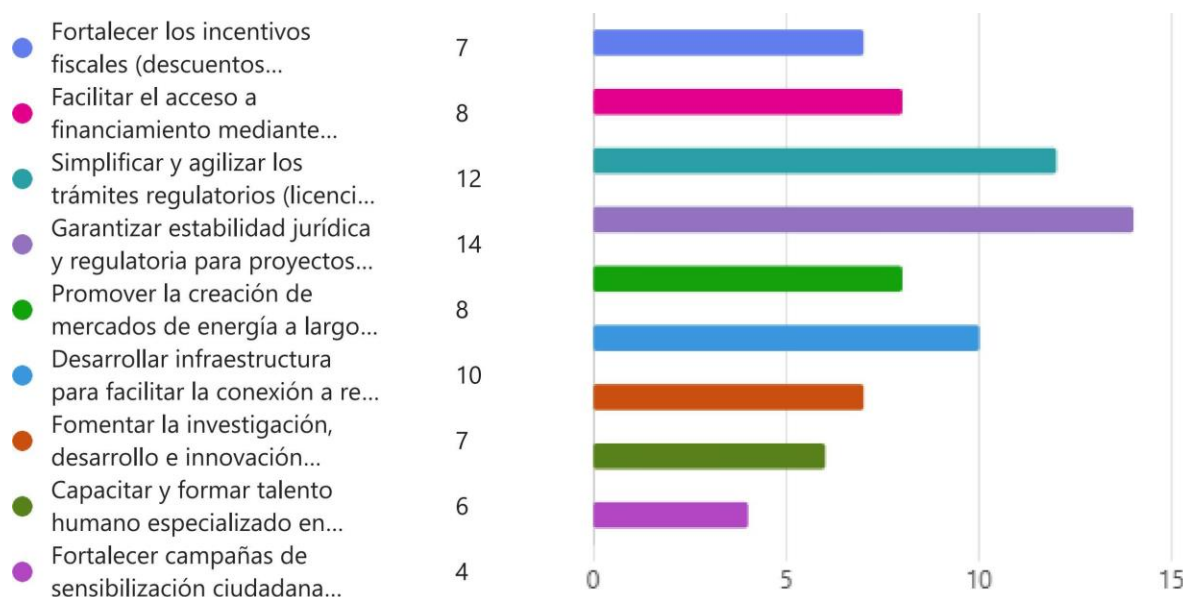
APENDICE

Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.



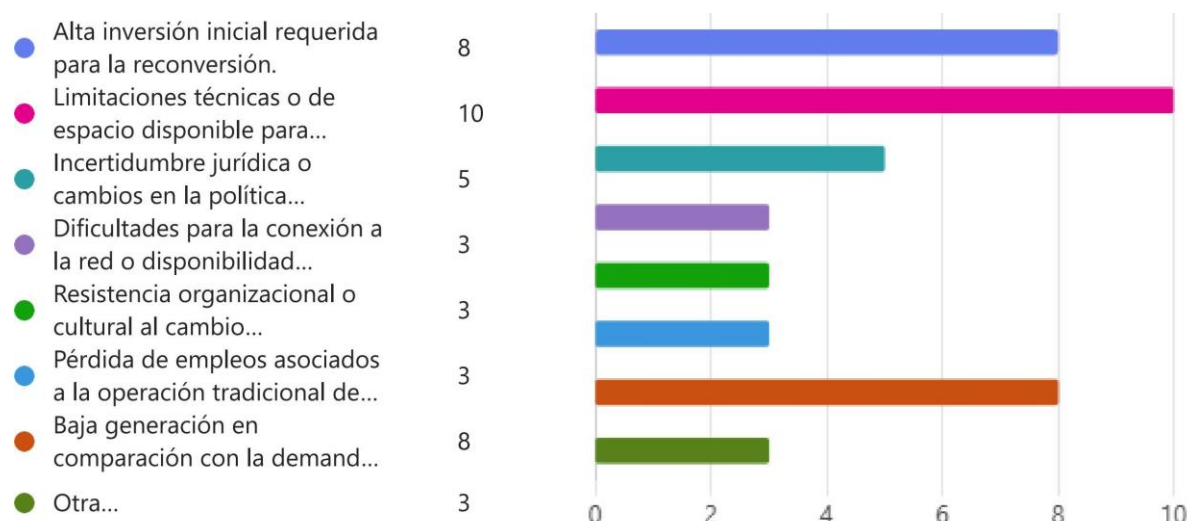
A la pregunta 26:

¿Qué recomendaciones daría al gobierno nacional para incentivar el emprendimiento de proyectos de generación eléctrica solar fotovoltaica?



A la pregunta 27:

Para una empresa que genera energía actualmente con carbón en Colombia, ¿Qué aspectos considera que serían una dificultad, para reconvertirse a la generación solar fotovoltaica?



A la pregunta 28: ¿Tiene algún comentario adicional que considere que puede ser de utilidad para el desarrollo de proyectos de transición a generación de energía solar fotovoltaica? (0 punto)

Los consultados dieron las siguientes respuestas:

- No sé considera la intermitencia de la energía en su cuestionario, que es determinante para la elección de una fuente confiable de energía
- Los paneles FV importados pueden representar una Huella de carbono por kWp entregado en Cartagena: ~3.181 kg CO₂e / kWp producido con paneles monocristalinos con 22% de eficiencia tipo Jinko Solar. Corresponde relocalizar la fabricación de paneles con celdas colombianas con posibles materiales alternativos a la tecnológica clásica debido a la matriz verde del País. Priorizar la cubierta de los techos en lugar de los campos. Debemos acercar la producción de los lugares de consumo. El FV no puede ser la fuente principal, y debe acoplarse con la matriz hidráulica que permite el almacenamiento de energía. Mirar el caso canario.
- Articulación de políticas y normatividad entre los diferentes entes de control frente a los proyectos de generación renovables. Fortalecer la infraestructura y capacidad de la red para evitar la saturación y agilizar los trámites de los puntos de conexión por la entrada de nuevos proyectos
- Es necesario formar mayor cantidad de técnicos especializados e instaladores que cubran la oferta de proyectos solares que se están ejecutando y se van a ejecutar en el futuro. Muchos éxitos con el estudio que están llevando a cabo.
- Modificar los requisitos y trámites para acceder a puntos de conexión, capacidad de transporte y permisos ambientales
- Rol de las corporaciones autónomas en el seguimiento a los proyectos y la poca claridad para su ejecución, poca difusión de cómo desarrollar comunidades energéticas
- Desarticular los intermediarios en todas las fases del proyecto desde su fase de pre-concepción
- La decisión de instalar solar no es muy relacionada con la generación a carbón. A mi juicio solar y carbón son tecnologías sin complementariedad significativa d

- Es importante la articulación entre academia - gobierno - sector privado para garantizar procesos de formación eficientes y en función de las demandas del sector, y también para motivar el emprendimiento y la formación de empresas colombianas.
- Para el desenvolvimiento continuo de las ER, estas tienen que hacer parte de planeamiento estratégico de corto, medio plazo del País.
- No vemos los programas del gobierno local de Colombia para desarrollar las energías renovables
- La energía solar tiene sus nichos, pero no debe ser impuesta por política y menos financiada a través de subsidios del gobierno. Debe poder competir con las demás alternativas. De lo contrario, terminamos pagando todos esos subsidios para el beneficio de unos pocos y el detrimento del suministro de energía estable y firme.
- Los paneles solares solo funcionan de día y en tan solo algunas horas. Los generadores térmicos funcionan en cualquier momento.

APENDICE E - MODELO FINANCIERO

1. Modelo Base

Este modelo supone una capacidad instalada de 50MW, no incluye gastos por alquiler o compra de terreno.

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

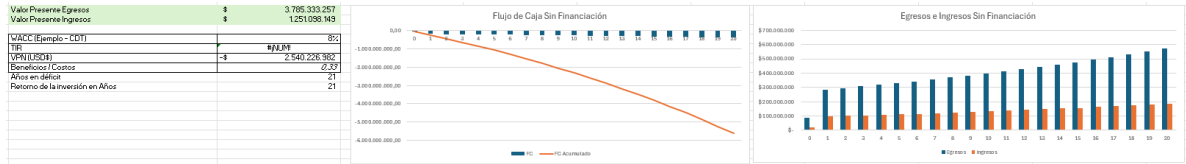
MODELO BASE

Variables	Valor de Referencia	Descripción
-----------	---------------------	-------------

Radiación(Horas pico solar)	4,60	
Capacidad Instalada MW	50,00	
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8	
Generación (kWh/año) - Año 0	67.160.000	kWp * Radiación *365*FR*1000
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 33.500.000	
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 2.481.481	1,08
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 35.981.481	
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 342.500	
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 83.750	0,25%
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 426.250	
Factor de Emision Ton/MWh - Solar	0,677	
ICA municipio de Dibulla	0,00	
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh
Generacion promedio carbon	1.546.000.000	
Capacidad de los unidades	300	
OPEX FIJO CARBON	15.150.000	
OPEX Variable CARBON	1.947.960	
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960	

Anualidad	0	1	2	3	18	19	20
Año	2026	2027	2028	2029	2044	2045	2046
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Precios tonelada de CO2		10	10,37	10,76	10,64	10,34	20,06
INGRESOS							
Generación (kWh/año)		66.958.520	66.757.644	66.557.372	63.624.376	63.433.503	63.243.203
Tarifa (USD \$/kWh)		0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11
Venta de Energía solar		\$ 7.144.134	\$ 7.233.759	\$ 6.805.838	\$ 7.314.384	\$ 6.908.275	\$ 7.161.684
Reducción de Emisiones		\$ 453.309	\$ 468.812	\$ 484.845	\$ 802.915	\$ 830.374	\$ 858.773
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 1.218.645	\$ 1.260.322	\$ 1.256.541	\$ 1.201.169	\$ 1.197.566	\$ 1.193.973
Consumo de carbon		\$ 61.934.630	\$ 64.307.814	\$ 66.707.245	\$ 115.561.145	\$ 119.872.322	\$ 124.345.573
Ingreso al carbon		\$ 7.324.709	\$ 8.769.279	\$ 10.130.675	\$ 17.550.004	\$ 18.204.824	\$ 18.984.076
OBM planta de carbon		\$ 17.097.960	\$ 17.735.913	\$ 18.397.669	\$ 31.071.437	\$ 33.060.612	\$ 34.294.158
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$ 19.695.000						
Total Ingresos	\$ 19.695.000	\$ 35.233.440	\$ 100.832.900	\$ 103.792.614	\$ 174.301.655	\$ 100.674.574	\$ 106.738.243
EGRESOS							
Gastos Operativos - OPEX		\$ 442.154,03	\$ 458.651,59	\$ 475.764,64	\$ 624.196,93	\$ 654.943,07	\$ 686.846,63
Costos de desmontaje plata termica	\$ 50.000.000						
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon		\$ 284.809,045	\$ 295.435,741	\$ 306.458,936	\$ 530.890,039	\$ 550.706,720	\$ 571.254,497
Costos de Inversión - CAPEX	\$ 35.981.481,48						
Total Egresos	\$ 85.981.481	\$ 285.251.199	\$ 295.894.392	\$ 306.934.700	\$ 531.722.236	\$ 551.561.669	\$ 572.141.945
EBITDA	-66.286.481,48	-190.017.751,83	-195.061.491,89	-203.151.885,76	-357.420.580,95	-371.487.095,48	-385.403.102,13
Porcentaje EBITDA		-200%	-193%	-196%	-205%	-206%	-206%
Depreciacion		\$ 6.700.000	\$ 6.700.000	\$ 6.700.000			
IVA	\$ 2.481.481	\$ 585.877	\$ 652.485	\$ 480.011	\$ 2.973.205	\$ 2.828.443	\$ 2.914.653
Ingreso de Planta	\$ 3.908.333	\$ 3.908.333	\$ 3.908.333				
Deducción de renta		\$ 8.816	\$ 9.023	\$ 8.547	\$ 9.319	\$ 8.936	\$ 9.214
ICA		\$ 37.033	\$ 37.926	\$ 36.032	\$ 40.573	\$ 39.165	\$ 40.405
4*1000	\$ 343.925,93						
Flujo de Caja	-60.240.592,59	-186.741.144,60	-191.852.592,29	-203.676.535,98	-360.443.678,05	-374.363.639,49	-388.367.375,13
Flujo de Caja Descontado	\$N/A	\$N/A	\$N/A	\$N/A	\$N/A	\$N/A	\$N/A
Flujo de Caja Acumulado	-60.240.592,59	-246.981.737,20	-438.834.329,49	-642.510.865,47	-4.858.877.222,65	-5.233.240.862,14	-5.621.608.237,27

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.



2. Modelo Base 2

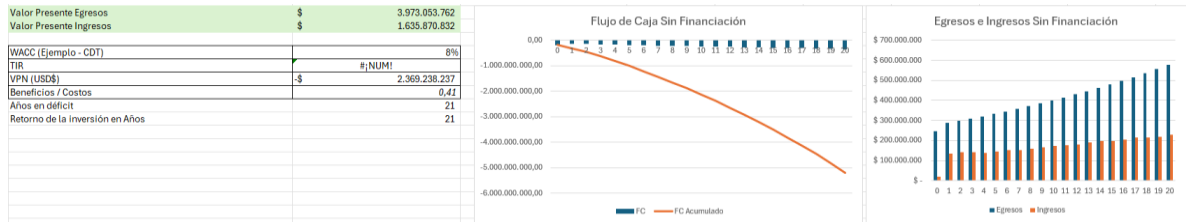
FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

MODELO BASE 2

Variables	Valor de Referencia	Descripción
Radiación(Horas pico solar)	4,60	
Capacidad Instalada MW	275,00	
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8	
Generación (kWh/año) - Año 0	369.380.000	kWp * Radiación *365*FR*1000
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 184.250.000	
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 13.648.148	1,08
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 197.898.148	
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 1.883.750	
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 460.625	0,25%
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 2.344.375	
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677	
ICA municipio de Dibulla	0,00	
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh
Generacion promedio carbon	1.546.000.000	
Capacidad de los unidades	300	
OPEX FIJO CARBON	15.150.000	
OPEX Variable CARBON	1.947.960	
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960	

Anualidad Año	0 2026	1 2027	2 2028	3 2029	18 2044	19 2045	20 2046
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada/ Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Precios tonelada de CO2		10	10,37	10,76	18,64	19,34	20,06
INGRESOS							
Generación (kWh/año)		369.271.860	367.167.044	366.065.543	349.934.069	348.884.267	347.837.614
Tarifa (USD \$/kWh)		0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11
Venta de Energía solar		\$ 39.292.738	\$ 40.115.674	\$ 37.432.108	\$ 40.232.413	\$ 37.995.513	\$ 39.389.262
Reducción de Emisiones		\$ 2.493.200	\$ 2.578.467	\$ 2.666.650	\$ 4.416.032	\$ 4.567.059	\$ 4.723.251
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 6.702.548	\$ 6.931.773	\$ 6.910.978	\$ 6.606.430	\$ 6.586.611	\$ 6.566.851
Consumo de carbón		\$ 61.994.690	\$ 64.307.814	\$ 66.707.245	\$ 116.561.145	\$ 119.672.922	\$ 124.345.579
Impuesto al carbón		\$ 7.324.709	\$ 3.766.279	\$ 10.130.675	\$ 17.550.004	\$ 18.204.824	\$ 18.984.076
CO2M planta de carbón		\$ 17.097.960	\$ 17.735.913	\$ 18.397.669	\$ 31.871.437	\$ 33.060.612	\$ 34.294.158
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$	19.695.000					
Total Ingresos	\$	129.695.000	\$ 134.905.846	\$ 141.435.921	\$ 142.245.326	\$ 216.237.462	\$ 220.267.542
EGRESOS							
Gastos Operativos - OPEX		\$ 2.431.847,50	\$ 2.522.583,74	\$ 2.616.705,50	\$ 4.533.083,09	\$ 4.702.219,90	\$ 4.877.667,49
Costos de desmontaje planta termica	\$	50.000.000					
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energía con carbón		\$ 284.809.045	\$ 295.435.741	\$ 306.458.936	\$ 530.898.039	\$ 550.706.720	\$ 571.254.497
Costos de Inversión - CAPEX	\$	197.898.148,15					
Total Egresos	\$	247.898.148	\$ 287.240.893	\$ 297.958.324	\$ 309.075.641	\$ 535.431.122	\$ 576.132.164
EBITDA		-228.203.148,15	-152.335.046,93	-156.522.403,40	-166.830.315,16	-319.193.659,91	-335.121.398,01
Porcentaje EBITDA			-113%	-111%	-117%	-148%	-152%
Depreciación	\$		36.850.000	36.850.000	36.850.000		
IVA	\$	13.648.148					
Impuesto de Renta		3.222.324	3.588.666	2.640.061	16.352.627	15.556.437	16.030.594
Deducción de renta	\$	21.495.833	21.495.833				
ICA		48.488	49.626	47.010	51.255	49.149	50.679
4*1000	\$	991.592,59	203.681	208.594	198.506	223.152	222.228
Flujo de Caja		-194.050.759,26	-134.313.707,18	-138.873.455,60	-163.715.891,42	-335.820.693,95	-350.942.390,06
Flujo de Caja Descontado	#NUM!						
Flujo de Caja Acumulado		-194.050.759,26	-328.364.466,44	-467.237.922,05	-636.953.813,46	-4.474.094.846,11	-4.825.037.236,17

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.



3. Modelo Base =CapGenEnergy

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables	Valor de Referencia	Descripción
Radiación(Horas pico solar)	4,60	
Capacidad Instalada MW	1088,00	\$ 1.462.450.000 1088,780524
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8	
Generación (kWh/año) - Año 0	1.461.401.600	kWp * Radiación * 365*FR*1000
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 728.960.000	
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 53.997.037	1,08
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 782.957.037	
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 7.452.800	
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 1.822.400	0,25%
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 9.275.200	
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677	
ICA municipio de Dibulla	0,00100	
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh
Generacion promedio carbon	1.546.000.000	
Capacidad de los unidades	300	
OPEX FIJO CARBON	15.150.000	
OPEX Variable CARBON	1.947.960	
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960	

Anualidad	0	1	2	3	10	19	20
Año	2026	2027	2028	2029	2044	2045	2046
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%
Reducción de Generación - FRI (Energía Entregada / Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Precios tonelada de CO2		10	10,37	10,76	16,64	19,34	20,06
INGRESOS							
Generación (kWh/año)		1.457.017.395	1.452.646.343	1.448.288.404	1.384.466.425	1.380.313.026	1.376.172.087
Tarifa (USD \$/kWh)	Fuente: Comparación tecnologías SMR	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,10	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,11
Venta de Energía solar		\$ 155.456.362	\$ 158.712.193	\$ 148.095.032	\$ 159.174.055	\$ 150.324.066	\$ 155.838.243
Reducción de Emisiones		\$ 9.864.008	\$ 10.201.354	\$ 10.550.237	\$ 17.471.429	\$ 18.668.947	\$ 18.686.900
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 26.517.717	\$ 27.424.615	\$ 27.342.341	\$ 26.137.441	\$ 26.059.029	\$ 25.980.852
Consumo de carbón		\$ 61.994.690	\$ 64.307.814	\$ 66.707.245	\$ 115.561.145	\$ 119.872.922	\$ 124.345.579
Impuesto al carbón		\$ 7.324.709	\$ 9.766.279	\$ 10.130.675	\$ 17.550.004	\$ 18.204.824	\$ 18.884.076
O&M planta de carbon		\$ 17.097.960	\$ 17.735.913	\$ 18.397.669	\$ 31.871.437	\$ 33.060.612	\$ 34.294.158
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$ 19.695.000						
Total Ingresos	\$ 19.695.000	\$ 278.255.445	\$ 280.148.169	\$ 281.223.201	\$ 367.765.512	\$ 365.590.401	\$ 378.029.809
EGRESOS							
Gastos Operativos - OPEX		\$ 9.621.273.02	\$ 9.980.258.59	\$ 10.352.638.50	\$ 17.934.525.11	\$ 18.603.691.83	\$ 19.297.826.27
Costos de desmontaje plata termica	\$ 50.000.000						
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon		\$ 284.809.045	\$ 295.435.741	\$ 306.458.936	\$ 530.898.039	\$ 550.706.720	\$ 571.254.497
Costos de Inversión - CAPEX	\$ 782.957.037,04						
Total Egresos	\$ 832.957.037	\$ 294.430.318	\$ 305.415.999	\$ 316.811.574	\$ 548.832.564	\$ 569.318.412	\$ 590.552.329
EBITDA	-813.262.037,04	-16.174.873,21	-17.267.830,32	-35.588.373,39	-181.067.051,86	-203.720.011,17	-212.522.514,02
Porcentaje EBITDA		-6%	-6%	-13%	-49%	-56%	-56%
Depreciacion		\$ 145.792.000	\$ 145.792.000	\$ 145.792.000			
IVA	\$ 53.997.037						
Impuesto de Renta		\$ 12.748.685	\$ 14.198.066	\$ 10.445.040	\$ 64.696.940	\$ 61.546.923	\$ 63.422.859
Deducción de renta	\$ 85.045.333	\$ 85.045.333	\$ 85.045.333				
ICA		\$ 191.838	\$ 196.338	\$ 185.988	\$ 202.783	\$ 194.452	\$ 200.506
4*1000	\$ 3.331.828,15	\$ 805.837	\$ 825.274	\$ 785.361	\$ 882.870	\$ 852.223	\$ 879.275
Flujo de Caja	#NUM!	55.124.100,04	52.557.824,96	-47.004.762,38	-246.849.644,74	-266.313.608,79	-277.025.094,60
Flujo de Caja Descontado	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!
Flujo de Caja Acumulado	-677.551.494,81	-622.427.394,78	-569.869.569,82	-616.874.332,19	-3.083.747.858,87	-3.350.061.467,66	-3.627.086.562,26
Valor Presente Egresos	\$ 4.651.350.520						
Valor Presente Ingresos	\$ 3.026.182.795						
Flujo de Caja Sin Financiación							
WACC (Ejemplo - CDT)	8%						
TIR	#NUM!						
VPN (USD\$)	-\$ 1.751.398.904						
Beneficios / Costos	0,65						
Años en deficit	19						
Retorno de la inversión en Años	21						
Egresos e Ingresos Sin Financiación							

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.

4. Modelo_terreno

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN									
Variables		Valor de Referencia		Descripción					
Radiación(Horas pico solar)		4,60							
Capacidad Instalada MW		50,00							
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)		0,8							
Generación (kWh/año) - Año 0		67.160.000		kWp * Radiación *365*FR*1000					
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA		\$ 33.500.000							
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)		\$ 2.481.481		1,08					
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido		\$ 35.981.481							
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0		\$ 342.500							
Seguros (USD \$/año) - Año 0		\$ 83.750		0,25%					
OPEX TOTAL SOLAR		\$ 426.250							
Factor de Emisión Ton/MWh		0,677							
ICA municipio de Dibulla		0,00100							
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD		18,2		18USD/MWh					
Generacion promedio carbon		1.546.000.000							
Capacidad de los unidades		300							
OPEX FIJO CARBON		15.150.000							
OPEX Variable CARBON		1.947.960							
OPEX ANUAL CARBON		17.097.960							
Terreno en alquiler en Ha		1,5		1,5 Ha/MW					
Valor de referencia alquiler Terreno \$COP al año		4000000		Ha		300.000.000			
Valor de referencia alquiler Terreno \$USD		1000							
Precio promedio Dolar		4000							
Espacio requerido		75		Ha					
Anualidad	0	1	2	10	19	20			
Año	2026	2027	2028	2044	2045	2046			
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%			
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%			
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%			
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%			
Precios tonelada de CO2		10	10,37	16,64	19,34	20,06			
INGRESOS									
Generación (kWh/año)		66.958.520	66.757.644	63.624.376	63.433.503	63.243.203			
Tarifa (USD \$/kWh)	SMR	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,11			
Venta de Energía solar		\$ 7.144.134	\$ 7.293.759	\$ 7.314.984	\$ 6.908.275	\$ 7.161.684			
Reducción de Emisiones		\$ 453.309	\$ 468.812	\$ 802.915	\$ 830.374	\$ 858.773			
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 1.218.645	\$ 1.260.322	\$ 1.201.169	\$ 1.197.566	\$ 1.193.973			
Consumo de carbón		\$ 61.994.630	\$ 64.307.814	\$ 115.561.145	\$ 119.872.922	\$ 124.345.579			
Impuesto al carbón		\$ 7.324.709	\$ 9.766.279	\$ 17.550.004	\$ 18.204.824	\$ 18.884.076			
O&M planta de carbon		\$ 17.097.960	\$ 17.735.913	\$ 31.871.437	\$ 33.060.612	\$ 34.294.158			
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$ 13.635.000								
Total Ingresos	\$ 19.695.000	\$ 95.233.448	\$ 100.832.900	\$ 174.301.655	\$ 180.074.574	\$ 186.738.243			
EGRESOS									
Gastos Operativos - OPEX Solar		\$ 442.154,09	\$ 458.651,59	\$ 824.196,33	\$ 854.943,07	\$ 886.848,63			
Alquiler Terreno		\$ 75.000,00	\$ 77.798,37	\$ 139.803,68	\$ 145.019,39	\$ 150.430,32			
Costos de desmontaje plata termica	\$ 50.000.000								
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon		\$ 284.809.045	\$ 295.435.741	\$ 530.898.039	\$ 550.706.720	\$ 571.254.497			
Costos de Inversión - CAPEX	\$ 35.981.481,48	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -			
Total Egresos	\$ 85.981.481	\$ 285.326.129	\$ 295.972.191	\$ 531.062.039	\$ 551.706.689	\$ 572.291.776			
EBITDA	-66.286.481,48	-190.092.751,83	-195.139.290,27	-357.560.384,64	-371.632.115,47	-385.553.533,05			
Porcentaje EBITDA		-200%	-194%	-205%	-206%	-206%			
Depreciacion		\$ 6.700.000	\$ 6.700.000						
IVA	\$ 2.481.481	\$ 585.877	\$ 652.485	\$ 2.973.205	\$ 2.828.443	\$ 2.914.653			
Impuesto de Renta		\$ 3.908.333	\$ 3.908.333						
Deducción de renta	\$ 3.908.333	\$ 8.816	\$ 9.023	\$ 9.319	\$ 8.936	\$ 9.214			
ICA	\$ 343.925,93	\$ 37.033	\$ 37.926	\$ 40.573	\$ 39.165	\$ 40.405			
4*1000									
Flujo de Caja	-60.240.593	-186.816.145	-191.930.391	-360.583.482	-374.508.659	-388.517.806			
Flujo de Caja Descontado	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!			
Flujo de Caja Acumulado	-60.240.593	-247.056.737	-438.987.128	-4.860.753.848	-5.235.262.507	-5.623.780.313			
Valor Presente Egresos	\$ 3.796.305.913								
Valor Presente Ingresos	\$ 1.251.098.149								
Flujo de Caja Sin Financiación									
Egresos e Ingresos Sin Financiación									
WACC (Ejemplo - CDI)									
TIR	#NUM!								
NPV (USD\$)	\$ 2.541.199.838								
Beneficios / Costos	8,93								
Años en deficit	21								
Retorno de la inversión en Años	21								

5. Modelo planta nueva

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables	Valor de Referencia	Descripción
Radiación(Horas pico solar)	4,60	
Capacidad Instalada MW	50,00	
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8	
Generación (kWh/año) - Año 0	67.160.000	kWp * Radiación *365*FR*1000
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 33.500.000	
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 2.481.481	1,08
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 35.981.481	
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 342.500	
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 83.750	0,25%
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 426.250	
Factor de Emision Ton/MWh	0,677	
ICA municipio de Dibulla	0,00100	
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh
Generacion promedio carbon		
Capacidad de los unidades		
OPEX FIJO CARBON		
OPEX Variable CARBON	-	
OPEX ANUAL CARBON	-	

Anualidad Año	0 2026	1 2027	2 2028	3 2029	18 2044	19 2045	20 2046
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Precios tonelada de CO2		10	10,37	10,76	18,64	19,34	20,06
INGRESOS							
Generación (kWh/año)		66.958.520	66.757.644	66.557.372	63.624.376	63.433.503	63.243.203
Tarifa (USD \$/kWh)							
		Fuente: Comparación tecnologías SMR					
		\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,10	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,11
Venta de Energía solar		\$ 7.144.134	\$ 7.293.759	\$ 6.805.838	\$ 7.314.984	\$ 6.908.275	\$ 7.161.684
Reducción de Emisiones		\$ 453.309	\$ 468.812	\$ 484.845	\$ 802.915	\$ 830.374	\$ 858.773
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 1.218.645	\$ 1.260.322	\$ 1.256.541	\$ 1.201.169	\$ 1.197.566	\$ 1.193.973
Consumo de carbón							
Impuesto al carbón							
O&M planta de carbon							
Valor de Salvamento Equipos Termicos							
Total Ingresos	\$ -	\$ 8.816.089	\$ 9.022.893	\$ 8.547.225	\$ 9.319.068	\$ 8.936.215	\$ 9.214.430
EGRESOS							
Gastos Operativos - OPEX Solar		\$ 442.154,09	\$ 458.651,59	\$ 475.764,64	\$ 824.196,93	\$ 854.949,07	\$ 886.848,63
Alquiler Terreno		\$ 75.000,00	\$ 77.798,37	\$ 80.701,16	\$ 139.803,68	\$ 145.019,93	\$ 150.430,92
Costos de desmontaje planta termica							
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon							
Costos de Inversión - CAPEX	\$ 35.981.481,48	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 35.981.481	\$ 517.154	\$ 536.450	\$ 556.466	\$ 964.001	\$ 999.969	\$ 1.037.280
EBITDA	-35.981.481,48	8.298.934,42	8.486.443,51	7.990.758,97	8.355.067,66	7.936.246,12	8.177.150,39
Porcentaje EBITDA		94%	94%	93%	90%	89%	89%
Depreciación		\$ 6.700.000	\$ 6.700.000	\$ 6.700.000			
IVA	\$ 2.481.481						
Impuesto de Renta		\$ 585.877	\$ 652.485	\$ 480.011	\$ 2.973.205	\$ 2.828.443	\$ 2.914.653
Deducción de renta	\$ 3.908.333	\$ 3.908.333	\$ 3.908.333				
ICA		\$ 8.816	\$ 9.023	\$ 8.547	\$ 9.319	\$ 8.936	\$ 9.214
4*1000	\$ 143.925,93	\$ 37.033	\$ 37.926	\$ 36.092	\$ 40.573	\$ 39.165	\$ 40.405
Flujo de Caja	-29.735.592,59	11.575.541,65	11.695.343,11	7.466.108,74	5.331.970,56	5.059.702,11	5.212.877,39
Flujo de Caja Descontado	-29.735.592,59	9.072.216,32	7.183.847,71	3.594.268,66	66.372,03	49.362,18	39.858,32
Flujo de Caja Acumulado	-29.735.592,59	-18.160.050,94	-6.464.707,83	1.001.400,91	83.630.569,47	88.690.271,58	93.903.148,97
Valor Presente Egresos	\$ 42.688.324						
Valor Presente Ingresos	\$ 85.505.041						
WACC (Ejemplo - CDI)	8%						
TIR	28%						
VPN (USD\$)	\$ 37.024.843						
Beneficios / Costos	2,00						
Años en déficit	1						
Retorno de la inversión en Años	3						

6. Modelo Varia \$Emisiones 50 TIR 11

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables	Valor de Referencia	Descripción							
Radiación (Horas pico solar)	4,60								
Capacidad Instalada MW	50,00								
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8								
Generación (kWh/año) - Año 0	67.160.000	kWp * Radiación * 365 * FR * 1000							
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 33.500.000								
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 2.481.481	1,08							
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 35.981.481								
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 342.500								
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 83.750	0,25%							
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 426.250								
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677								
ICA municipio de Dibulla	0,0010								
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh							
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG	1.653.120		\$ 912.030.000	\$ 741.090.000	\$ 1.653.120.000				
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t	120								
Generación promedio carbon	1.546.000.000								
Capacidad de las unidades	300								
OPEX FIJO CARBON	15.150.000								
OPEX Variable CARBON	1.947.960								
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960								
Año	0	1	2	3	18	19	20		
Año	2026	2027	2028	2029	2044	2045	2046		
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%		
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Ecolit - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%		
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%	0%		
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%		
Precios tonelada de CO2		120	124,654	129,305	224,003	232,361	241,031		
INGRESOS									
Generación (kWh/año)		66.958.520	66.757.644	66.557.372	63.624.376	63.433.503	63.243.203		
Tarifa (USD \$/kWh)		0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11		
Venta de Energía solar		\$ 7.144.134	\$ 7.293.759	\$ 6.805.838	\$ 7.314.984	\$ 6.908.275	\$ 7.161.684		
Reducción de Emisiones		\$ 5.447.432	\$ 5.633.733	\$ 5.826.405	\$ 9.648.657	\$ 9.978.639	\$ 10.319.905		
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 1.218.645	\$ 1.260.322	\$ 1.256.541	\$ 1.201.169	\$ 1.197.566	\$ 1.193.973		
Consumo de carbon		\$ 61.994.690	\$ 64.307.814	\$ 66.707.245	\$ 115.561.145	\$ 119.872.922	\$ 124.345.579		
Impuesto al carbon		\$ 206.068.197	\$ 213.756.941	\$ 221.732.565	\$ 384.121.232	\$ 398.453.429	\$ 413.320.384		
O&M planta de carbon		\$ 17.097.960	\$ 17.735.913	\$ 18.397.669	\$ 31.871.437	\$ 33.060.612	\$ 34.284.158		
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$ 19.695.000								
Total Ingresos	\$ 19.695.000	\$ 298.971.059	\$ 309.988.483	\$ 320.726.264	\$ 549.718.625	\$ 569.471.443	\$ 590.635.683		
EGRESOS									
Gastos Operativos - OPEX		\$ 442.154,09	\$ 458.651,59	\$ 475.764,64	\$ 824.196,93	\$ 854.949,07	\$ 886.848,63		
Costos de desmontaje plata termica	\$ 50.000.000								
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon		\$ 284.809.045	\$ 295.435.741	\$ 306.458.936	\$ 530.898.039	\$ 550.706.720	\$ 571.254.497		
Costos de Inversión - CAPEX	\$ 35.981.481,48	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -		
Total Egresos	\$ 85.981.481	\$ 285.251.199	\$ 295.894.392	\$ 306.934.700	\$ 531.722.236	\$ 551.561.669	\$ 572.141.345		
EBITDA		-66.286.481,48	13.719.859,20	14.094.090,56	13.791.563,68	17.996.389,11	17.909.773,80	18.494.338,05	
Porcentaje EBITDA			5%	5%	4%	3%	3%	3%	
Depreciacion		\$ 6.700.000	\$ 6.700.000	\$ 6.700.000					
IVA	\$ 2.481.481								
Impuesto de Renta		\$ 2.333.820	\$ 2.460.207	\$ 2.349.557	\$ 6.069.215	\$ 6.030.336	\$ 6.226.050		
Deducción de renta	\$ 3.908.333		\$ 3.908.333	\$ 3.908.333					
ICA		\$ 13.810	\$ 14.188	\$ 13.889	\$ 18.165	\$ 18.084	\$ 18.676		
4*1000	\$ 343.925,93		\$ 57.009	\$ 58.586	\$ 57.458	\$ 75.956	\$ 75.758	\$ 78.250	
Flujo de Caja	-60.240.592,59	7.406.886,02	952.776,60	4.670.659,79	11.833.053,47	11.785.595,99	12.171.363,09		
Flujo de Caja Descontado	-60.240.592,59	6.669.450,16	772.502,37	3.409.897,65	1.791.742,03	1.606.884,17	1.494.261,51		
Flujo de Caja Acumulado	-60.240.592,59	-52.833.706,57	-51.880.929,97	-47.210.270,18	99.717.819,64	111.503.415,62	123.674.778,71		
Valor Presente Egresos	\$ 3.785.333,257								
Valor Presente Ingresos	\$ 3.866.585,631								
WACC (Ejemplo - CDT)	8%								
TIR	11%								
VPN (USD\$)	\$ 18.335.881								
Beneficios / Costos	1,02								
Años en deficit	1								
Retorno de la inversión en Años	10								

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.

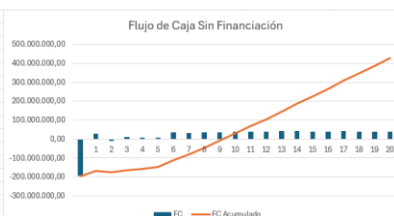
7. Modelo Varia \$Emisiones 275 TIR 11

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables	Valor de Referencia	Descripción
Radiación (Horas pico solar)	4,60	
Capacidad Instalada MW	275,00	
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8	
Generación (kWh/año) - Año 0	369.380.000	kWp * Radiación * 365 * FR * 1000
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 184.250.000	
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 13.648.148	1,08
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 197.898.148	
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 1.883.750	
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 460.625	0,25%
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 2.344.375	
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677	
ICA municipio de Dibulla	0,0010	
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG	1.653.120	\$ 912.030.000 \$ 741.090.000 \$ 1.653.120.000
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t	114	
Generación promedio carbon	1.546.000.000	DEM Epx (USD/MWh/año) 55.580
Capacidad de las unidades	300	DEM Variables (USD/Año) 1,26
OPEX FIJO CARBON	15.150.000	
OPEX Variable CARBON	1.947.960	
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960	

Añualidad	0	1	2	3	18	19	20
Año	2026	2027	2028	2029	2044	2045	2046
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Precios tonelada de CO2		114	118,059	122,464	212,152	220,068	228,279
INGRESOS							
Generación (kWh/año)		368.271.860	367.167.044	366.065.543	349.934.069	348.884.267	347.837.614
Tarifa (USD \$/kWh)		\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,10	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,11
Venta de Energía solar		\$ 39.292.738	\$ 40.115.674	\$ 37.432.108	\$ 40.232.413	\$ 37.995.513	\$ 39.389.262
Reducción de Emisiones		\$ 28.375.774	\$ 29.346.218	\$ 30.349.850	\$ 50.260.031	\$ 51.978.910	\$ 53.756.574
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 6.702.548	\$ 6.931.773	\$ 6.910.978	\$ 6.606.430	\$ 6.586.611	\$ 6.566.851
Consumo de carbón		\$ 61.994.690	\$ 64.307.814	\$ 66.707.245	\$ 115.561.145	\$ 119.872.922	\$ 124.345.579
Impuesto al carbón		\$ 195.165.997	\$ 202.447.962	\$ 210.001.629	\$ 363.798.996	\$ 377.372.937	\$ 391.453.344
O&M planta de carbón		\$ 17.097.960	\$ 17.735.913	\$ 18.397.669	\$ 31.871.437	\$ 33.060.612	\$ 34.294.158
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$ 19.695.000						
Total Ingresos	\$ 19.695.000	\$ 348.629.708	\$ 360.885.354	\$ 369.799.480	\$ 608.330.453	\$ 626.867.506	\$ 649.805.769
EGRESOS							
Gastos Operativos - OPEX		\$ 2.431.847,50	\$ 2.522.583,74	\$ 2.616.705,50	\$ 4.533.083,09	\$ 4.702.219,90	\$ 4.877.667,49
Costos de desmontaje plata termica	\$ 50.000.000						
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon		\$ 284.809,045	\$ 295.435,741	\$ 306.458.936	\$ 530.898.039	\$ 550.706.720	\$ 571.254.497
Costos de Inversión - CAPEX	\$ 197.898.148,15	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 247.898.148	\$ 287.240.893	\$ 297.958.324	\$ 309.075.641	\$ 535.431.122	\$ 555.408.940	\$ 576.132.164
EBITDA	-228.203.148,15	61.388.814,82	62.927.029,75	60.723.838,94	72.899.331,23	71.458.566,03	73.673.604,55
Porcentaje EBITDA		18%	17%	16%	12%	11%	11%
Depreciacion		\$ 36.850.000	\$ 36.850.000	\$ 36.850.000			
IVA	\$ 13.648.148						
Impuesto de Renta		\$ 12.281.225	\$ 12.967.378	\$ 12.329.181	\$ 32.398.027	\$ 32.150.585	\$ 33.192.257
Deducción de renta	\$ 21.495.833	\$ 21.495.833	\$ 21.495.833	\$ 21.495.833	\$ 21.495.833	\$ 21.495.833	\$ 21.495.833
ICA	\$ 991.592,59	\$ 307.212	\$ 315.665	\$ 309.239	\$ 406.528	\$ 405.053	\$ 418.361
4*1000							
Flujo de Caja	-194.050.759,26	27.230.174,18	-8.768.240,55	11.160.726,70	39.997.677,47	38.806.366,91	39.963.273,47
Flujo de Caja Descontado	-194.050.759,26	24.516.406,93	-7.107.637,33	8.145.386,17	6.044.355,61	5.279.886,91	4.895.410,24
Flujo de Caja Acumulado	-194.050.759,26	-166.820.585,08	-175.588.825,63	-164.428.098,93	348.450.636,44	387.257.003,35	427.220.276,82

Valor Presente Egresos	\$ 3.973.053.762
Valor Presente Ingresos	\$ 4.374.334.423
WACC (Ejemplo - CDT)	8%
TIR	11%
VPN (USD\$)	63.261.628
Beneficios / Costos	1,10
Años en déficit	2
Retorno de la inversión en Años	10



MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.

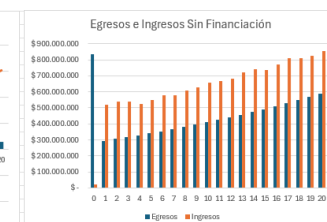
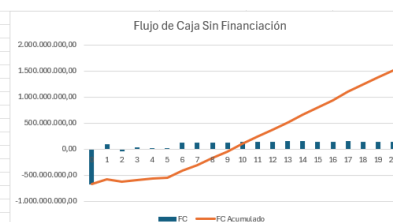
8. Modelo Varia \$Emisiones 1088 TIR 11

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables	Valor de Referencia	Descripción			
Radiación(Horas pico solar)	4,60				
Capacidad Instalada MW	1088,00				
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8				
Generación (kWh/año) - Año 0	1.461.401.600	kWp * Radiación *365*FR*1000			
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 728.960.000				
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 53.997.037				1,08
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 782.957.037				
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 7.452.800				
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 1.822.400				0,25%
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 9.275.200				
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677				
ICA municipio de Dibulla	0,0010				
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh			
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG	1.653.120		\$ 912.030.000	\$ 741.090.000	\$ 1.653.120.000
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t	98				
Generacion promedio carbon	1.546.000.000				
Capacidad de las unidades	300				
OPEX FIJO CARBON	15.150.000				
OPEX Variable CARBON	1.947.960				
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960				

Anualidad Año	0 2026	1 2027	2 2028	3 2029	18 2044	19 2045	20 2046
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Precios tonelada de CO2		96	100,100	103,835	179,880	186,592	193,554
INGRESOS							
Generación (kWh/año)		1.457.017.395	1.452.646.343	1.448.288.404	1.384.466.425	1.380.313.026	1.376.172.087
Tarifa (USD \$/kWh)	Fuente: Comparación tecnologías SMR	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,10	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,11
Venta de Energía solar		\$ 155.456.362	\$ 158.712.193	\$ 148.095.032	\$ 159.174.055	\$ 150.324.066	\$ 155.838.243
Reducción de Emisiones		\$ 95.187.306	\$ 98.442.685	\$ 101.809.396	\$ 168.598.641	\$ 174.364.666	\$ 180.327.888
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 26.517.717	\$ 27.424.615	\$ 27.342.341	\$ 26.137.441	\$ 26.059.029	\$ 25.980.852
Consumo de carbón		\$ 61.994.690	\$ 64.307.814	\$ 66.707.245	\$ 115.561.145	\$ 119.872.922	\$ 124.345.579
Impuesto al carbón		\$ 165.477.620	\$ 171.651.863	\$ 178.056.477	\$ 308.458.405	\$ 319.967.497	\$ 331.906.012
O&M planta de carbon		\$ 17.097.960	\$ 17.735.913	\$ 18.397.669	\$ 31.871.437	\$ 33.060.612	\$ 34.294.158
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$ 19.695.000						
Total Ingresos	\$ 19.695.000	\$ 521.731.654	\$ 538.275.083	\$ 540.408.161	\$ 809.801.124	\$ 823.648.793	\$ 852.692.733
EGRESOS							
Gastos Operativos - OPEX		\$ 9.621.273,02	\$ 9.980.258,59	\$ 10.352.638,50	\$ 17.934.525,11	\$ 18.603.691,83	\$ 19.297.826,27
Costos de desmontaje plata termica	\$ 50.000.000						
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energía con carbon		\$ 284.809,045	\$ 295.435,741	\$ 306.458,936	\$ 530.898,039	\$ 550.706,720	\$ 571.254,497
Costos de Inversión - CAPEX	\$ 782.957.037,04						
Total Egresos	\$ 832.957.037	\$ 294.430.318	\$ 305.415.999	\$ 316.811.574	\$ 548.832.564	\$ 569.310.412	\$ 590.552.323
EBITDA	-813.262.037,04	227.301.335,99	232.859.083,79	223.596.587,31	260.968.559,97	254.338.380,65	262.140.410,07
Porcentaje EBITDA		44%	43%	41%	32%	31%	31%
Depreciacion		\$ 145.792.000	\$ 145.792.000	\$ 145.792.000			
IVA	\$ 53.997.037						
Impuesto de Renta		\$ 42.611.839	\$ 45.082.532	\$ 42.385.746	\$ 117.591.464	\$ 116.250.424	\$ 119.997.205
Deducción de renta	\$ 85.045.333	\$ 85.045.333	\$ 85.045.333				
ICA		\$ 277.161	\$ 284.579	\$ 277.247	\$ 353.910	\$ 350.748	\$ 362.147
4*1000	\$ 3.331.828,15	\$ 1.147.131	\$ 1.178.239	\$ 1.150.398	\$ 1.487.379	\$ 1.477.406	\$ 1.525.779
Flujo de Caja	-677.551.494,81	98.219.871,73	-44.523.599,97	33.991.196,88	141.535.807,04	136.259.802,79	140.255.278,75
Flujo de Caja Descuento	-677.551.494,81	88.484.086,39	-36.134.486,64	24.852.145,21	21.619.760,50	18.750.727,29	17.387.429,64
Flujo de Caja Acumulado	-677.551.494,81	-579.331.623,09	-623.855.223,06	-589.864.026,18	1.238.466.942,09	1.374.726.744,88	1.514.982.023,63

Valor Presente Egresos	\$ 4.651.350.520
Valor Presente Ingresos	\$ 6.131.906.439
WACC (Ejemplo - CDT)	8%
TIR	11%
VPN (USD\$)	\$ 220.548.420
Beneficios / Costos	1,32
Años en déficit	2
Retorno de la inversión en Años	10



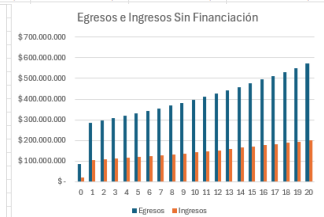
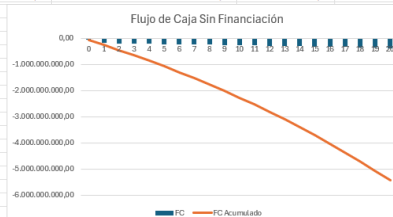
MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.

9. Modelo Varia Emisiones \$10_50

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables	Valor de Referencia	Descripción
Radiación (Horas pico solar)	4,60	
Capacidad Instalada MW	50,00	
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8	
Generación (kWh/año) - Año 0	67.160.000	kWp * Radiación * 365 * FR * 1000
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 33.500.000	
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 2.481.481	1,08
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 35.981.481	
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 342.500	
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 83.750	0,25%
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 426.250	
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677	
ICA municipio de Dibulla	0,0010	
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG	1.653.120	
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t	10	
Generación promedio carbon	1.546.000.000	
Capacidad de las unidades	300	
OPEX FIJO CARBON	15.150.000	
OPEX Variable CARBON	1.947.960	
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960	

Anualidad	0	1	2	3	18	19	20
Año	2026	2027	2028	2029	2044	2045	2046
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Precios tonelada de CO2		10	10,373	10,760	18,640	19,336	20,057
INGRESOS							
Generación (kWh/año)		66.958.520	66.757.644	66.557.372	63.624.376	63.433.503	63.243.203
Tarifa (USD \$/kWh)		\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,10	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,11
Venta de Energía solar		\$ 7.144.134	\$ 7.293.759	\$ 6.805.838	\$ 7.314.984	\$ 6.908.275	\$ 7.161.684
Reducción de Emisiones		\$ 453.309	\$ 468.812	\$ 484.845	\$ 802.915	\$ 830.374	\$ 858.773
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 1.218.645	\$ 1.260.322	\$ 1.256.541	\$ 1.201.169	\$ 1.197.566	\$ 1.193.973
Consumo de carbón		\$ 61.994.690	\$ 64.307.814	\$ 66.707.245	\$ 115.561.145	\$ 119.872.922	\$ 124.945.579
Impuesto al carbón		\$ 17.148.006	\$ 17.787.827	\$ 18.451.520	\$ 31.964.725	\$ 33.157.382	\$ 34.394.639
O&M planta de carbon		\$ 17.097.960	\$ 17.735.913	\$ 18.397.669	\$ 31.871.437	\$ 33.060.612	\$ 34.294.158
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$ 19.695.000						
Total Ingresos	\$ 19.695.000	\$ 105.056.745	\$ 108.854.448	\$ 112.103.659	\$ 188.716.376	\$ 195.027.132	\$ 202.248.706
EGRESOS							
Gastos Operativos - OPEX		\$ 442.154,09	\$ 458.651,59	\$ 475.764,64	\$ 824.196,93	\$ 854.949,07	\$ 886.848,63
Costos de desmontaje plata termica	\$ 50.000.000						
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon		\$ 284.809.045	\$ 295.435.741	\$ 306.458.936	\$ 530.898.039	\$ 550.706.720	\$ 571.254.497
Costos de Inversión - CAPEX	\$ 35.981.481,48	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 85.981.481	\$ 285.251.199	\$ 295.894.392	\$ 306.934.700	\$ 531.722.236	\$ 551.561.669	\$ 572.141.345
EBITDA	-66.286.481,48	-180.194.454,18	-187.039.944,43	-194.831.041,12	-343.005.859,82	-356.534.537,32	-369.892.639,35
Porcentaje EBITDA		-172%	-172%	-174%	-182%	-183%	-183%
Depreciacion		\$ 6.700.000	\$ 6.700.000	\$ 6.700.000			
IVA	\$ 2.481.481						
Impuesto de Renta		\$ 585.877	\$ 652.485	\$ 480.011	\$ 2.973.205	\$ 2.828.443	\$ 2.914.653
Deducción de renta	\$ 3.908.333	\$ 3.908.333	\$ 3.908.333	\$ 480.011	\$ 2.973.205	\$ 2.828.443	\$ 2.914.653
ICA		\$ 8.816	\$ 9.023	\$ 8.547	\$ 9.319	\$ 8.936	\$ 9.214
4*1000	\$ 343.925,93	\$ 37.033	\$ 37.926	\$ 36.092	\$ 40.573	\$ 39.165	\$ 40.405
Flujo de Caja	-60.240.592,59	-184.734.513,62	-198.347.711,50	-202.055.691,35	-346.028.956,92	-359.411.081,33	-372.856.912,35
Flujo de Caja Descontado	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!
Flujo de Caja Acumulado	-60.240.592,59	-244.975.106,21	-443.322.817,70	-645.378.509,05	-4.705.727.295,95	-5.065.138.377,27	-5.437.995.289,63
Valor Presente Egresos	\$ 3.785.333,257						
Valor Presente Ingresos	\$ 1.353.321,153						
WACC (Ejemplo - CDT)	8%						
TIR	#NUM!						
VPN (USD\$)	\$ 2.472.490.618						
Beneficios / Costos	0,36						
Años en deficit	21						
Retorno de la inversión en Años	21						

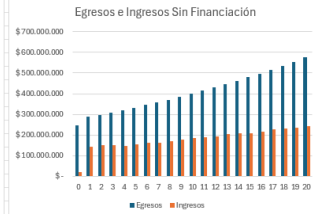
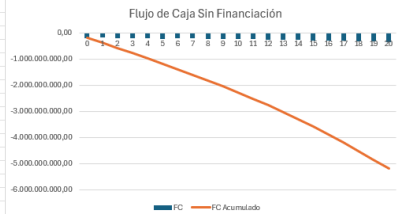


10. Modelo Varia Emisiones \$10_ 275

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables	Valor de Referencia	Descripción
Radiación(Horas pico solar)	4,60	
Capacidad Instalada MW	275,00	
Factor de rendimiento(Performance Ratio - PR)	0,8	
Generación (kWh/año) - Año 0	369.380.000	kWp * Radiación *365*FR*1000
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 184.250.000	
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 13.648.148	1,08
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 197.898.148	
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 1.883.750	
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 460.625	0,25%
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 2.344.375	
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677	
ICA municipio de Dibulla	0,0010	
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG	1.653.120	
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t	10	
Generación promedio carbon	1.546.000.000	
Capacidad de las unidades	300	
OPEX FIJO CARBON	15.150.000	
OPEX Variable CARBON	1.947.960	
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960	

Anualidad Año	0 2026	1 2027	2 2028	3 2029	18 2044	19 2045	20 2046
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)			3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 * Inflación)			6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)			0%	0%	0%	0%	0%
Degradación (Capacidad Nominal)			0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Precios tonelada de CO2		10	10,373	10,760	18,640	19,336	20,057
INGRESOS							
Generación (kWh/año)		368.271.880	367.167.044	366.065.543	349.934.069	348.884.267	347.837.614
Tarifa (USD \$/kWh)		\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,10	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,11
Venta de Energía solar		\$ 39.292.738	\$ 40.115.674	\$ 37.432.108	\$ 40.232.413	\$ 37.995.513	\$ 39.389.262
Reducción de Emisiones		\$ 2.493.200	\$ 2.578.467	\$ 2.666.650	\$ 4.416.032	\$ 4.567.059	\$ 4.723.251
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 6.702.548	\$ 6.931.773	\$ 6.910.978	\$ 6.606.430	\$ 6.586.611	\$ 6.566.851
Consumo de carbón		\$ 61.994.690	\$ 64.307.814	\$ 66.707.245	\$ 115.561.145	\$ 119.872.922	\$ 124.345.579
Impuesto al carbón		\$ 17.148.006	\$ 17.787.827	\$ 18.451.520	\$ 31.964.725	\$ 33.157.382	\$ 34.394.539
O&M planta de carbón		\$ 17.097.960	\$ 17.735.913	\$ 18.397.669	\$ 31.871.437	\$ 33.060.612	\$ 34.294.158
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$ 19.695.000						
Total Ingresos	\$ 19.695.000	\$ 144.729.143	\$ 149.457.468	\$ 150.566.171	\$ 230.652.183	\$ 235.240.100	\$ 243.713.641
EGRESOS							
Gastos Operativos - OPEX		\$ 2.431.847,50	\$ 2.522.583,74	\$ 2.616.705,50	\$ 4.533.083,09	\$ 4.702.219,90	\$ 4.877.667,49
Costos de desmontaje plata termica	\$ 50.000.000						
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon		\$ 284.809,045	\$ 295.435.741	\$ 306.458.936	\$ 530.898.039	\$ 550.706.720	\$ 571.254.497
Costos de Inversión - CAPEX	\$ 197.898.148,15						
Total Egresos	\$ 247.898.148	\$ 287.240.893	\$ 297.958.324	\$ 309.075.641	\$ 535.431.122	\$ 555.408.940	\$ 576.132.164
EBITDA	-228.203.148,15	-142.511.749,27	-148.500.855,94	-158.509.470,52	-304.778.938,77	-320.168.839,85	-332.418.523,43
Porcentaje EBITDA		-98%	-99%	-105%	-132%	-136%	-136%
Depreciacion		\$ 36.850.000	\$ 36.850.000	\$ 36.850.000			
IVA	\$ 13.648.148						
Impuesto de Renta		\$ 3.222.324	\$ 3.588.666	\$ 2.640.061	\$ 16.352.627	\$ 15.556.437	\$ 16.030.594
Deducción de renta	\$ 21.495.833	\$ 21.495.833	\$ 21.495.833				
ICA		\$ 48.488	\$ 49.626	\$ 47.010	\$ 51.255	\$ 49.149	\$ 50.679
4*1000	\$ 991.592,59	\$ 203.681	\$ 208.594	\$ 198.506	\$ 223.152	\$ 215.406	\$ 222.228
Flujo de Caja	-194.050.759,26	-167.482.076,19	-210.693.574,81	-198.245.046,78	-321.405.972,82	-335.989.831,90	-348.722.024,95
Flujo de Caja Descontado	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!
Flujo de Caja Acumulado	-194.050.759,26	-361.532.835,45	-572.226.410,26	-770.471.457,04	-4.511.894.919,41	-4.847.884.751,30	-5.196.606.776,26
Valor Presente Egresos	\$ 3.973.053.762						
Valor Presente Ingresos	\$ 1.738.093.836						
WACC (Ejemplo - CDT)	8%						
TIR	#NUM!						
VPN (USDS)	\$ 2.456.691.751						
Beneficios / Costos	0,44						
Años en déficit	21						
Retorno de la inversión en Años	21						



MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.

11. Modelo Varia Emisiones\$10_ 1088

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables	Valor de Referencia	Descripción
Radiación (Horas pico solar)	4,60	
Capacidad Instalada MW	1088,00	
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8	
Generación (kWh/año) - Año 0	1.461.401,600	kWp * Radiación *365*FR*1000
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 728.960.000	
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 53.997.037	1,08
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 782.957.037	
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 7.452.800	
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 1.822.400	0,25%
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 9.275.200	
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677	
ICA municipio de Dibulla	0,0010	
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG	1.653.120	\$ 912.030.000 \$ 741.090.000 \$ 1.653.120.000
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t	10	
Generación promedio carbon	1.546.000,000	
Capacidad de las unidades	300	
OPEX FIJO CARBON	15.150.000	
OPEX Variable CARBON	1.947.960	
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960	

Anualidad Año	0 2026	1 2027	2 2028	3 2029	18 2044	19 2045	20 2046
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Precios tonelada de CO2		10	10,373	10,760	18,640	19,336	20,057
INGRESOS							
Generación (kWh/año)		1.457.017.395	1.452.646.343	1.448.288.404	1.384.466.425	1.380.313.026	1.376.172.087
Tarifa (USD \$/kWh)	Fuente: Comparación tecnologías SMR	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,10	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,11
Venta de Energía solar		\$ 155.456.362	\$ 158.712.193	\$ 148.095.032	\$ 159.174.055	\$ 150.324.066	\$ 155.838.243
Reducción de Emisiones		\$ 9.864.008	\$ 10.201.354	\$ 10.550.237	\$ 17.471.429	\$ 18.068.947	\$ 18.686.900
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 26.517.717	\$ 27.424.615	\$ 27.342.341	\$ 26.137.441	\$ 26.059.029	\$ 25.980.852
Consumo de carbón		\$ 61.994.690	\$ 64.307.814	\$ 66.707.245	\$ 115.561.145	\$ 119.872.922	\$ 124.345.579
Impuesto al carbón		\$ 17.148.006	\$ 17.787.827	\$ 18.451.520	\$ 31.964.725	\$ 33.157.382	\$ 34.394.539
O&M planta de carbón		\$ 17.097.960	\$ 17.735.913	\$ 18.397.669	\$ 31.871.437	\$ 33.060.612	\$ 34.294.158
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$ 19.695.000						
Total Ingresos	\$ 19.695.000	\$ 288.078.743	\$ 296.169.716	\$ 289.544.045	\$ 382.180.233	\$ 380.542.959	\$ 383.540.272
EGRESOS							
Gastos Operativos - OPEX		\$ 9.621.273,02	\$ 9.980.258,59	\$ 10.352.638,50	\$ 17.934.525,11	\$ 18.603.691,83	\$ 19.297.826,27
Costos de desmontaje planta termica	\$ 50.000.000						
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon		\$ 284.809.045	\$ 295.435.741	\$ 306.458.936	\$ 530.898.039	\$ 550.706.720	\$ 571.254.497
Costos de Inversión - CAPEX	\$ 782.957.037,04						
Total Egresos	\$ 832.957.037	\$ 294.430.318	\$ 305.415.999	\$ 316.811.574	\$ 548.832.564	\$ 569.310.412	\$ 590.552.323
EBITDA	-813.262.037,04	-6.351.575,55	-9.246.282,86	-27.267.528,76	-166.652.330,73	-188.767.453,01	-197.012.051,24
Porcentaje EBITDA		-2%	-3%	-9%	-44%	-50%	-50%
Depreciacion		\$ 145.792.000	\$ 145.792.000	\$ 145.792.000			
IVA	\$ 53.997.037						
Impuesto de Renta		\$ 12.748.685	\$ 14.198.066	\$ 10.445.040	\$ 64.696.940	\$ 61.546.923	\$ 63.422.859
Deducción de renta	\$ 85.045.333	\$ 85.045.333	\$ 85.045.333				
ICA		\$ 191.838	\$ 196.338	\$ 185.988	\$ 202.783	\$ 194.452	\$ 200.506
4*1000	\$ 3.331.828,15	\$ 805.837	\$ 825.274	\$ 785.361	\$ 882.870	\$ 852.223	\$ 879.215
Flujo de Caja	-677.551.494,81	-105.143.268,97	-255.303.294,25	-184.475.917,74	-232.434.923,61	-251.361.050,63	-261.514.631,82
Flujo de Caja Descontado	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!
Flujo de Caja Acumulado	-677.551.494,81	-782.694.763,79	-1.037.998.058,03	-1.222.473.975,78	-3.811.513.932,17	-4.062.874.982,80	-4.324.389.614,62
Valor Presente Egresos	\$ 4.651.350.520						
Valor Presente Ingresos	\$ 3.128.405.799						
WACC (Ejemplo - CDT)	8%						
TIR	#¡NUM!						
VPN (USD\$)	\$ 2.399.605.179						
Beneficios / Costos	0,67						
Años en déficit	21						
Retorno de la inversión en Años	21						

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.

12. Modelo Varia Emisiones \$50 50

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables		Valor de Referencia		Descripción					
Radiación (Horas pico solar)		4,60							
Capacidad Instalada MW		50,00							
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)		0,8							
Generación (kWh/año) - Año 0		67.160.000		kWp * Radiación *365 *FR *1000					
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA		\$ 33.500.000							
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)		\$ 2.481.481		1,08					
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido		\$ 35.981.481							
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0		\$ 342.500							
Seguros (USD \$/año) - Año 0		\$ 83.750		0,25%					
OPEX TOTAL SOLAR		\$ 426.250							
Factor de Emision Ton/MWh		0,677							
ICA municipio de Dibulla		0,0010							
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD		18,2		18USD/MWh					
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG		1.653.120				\$ 912.030.000	\$ 741.090.000	\$ 1.653.120.000	
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t		50							
Generación promedio carbon		1.546.000.000							
Capacidad de las unidades		300							
OPEX FIJO CARBON		15.150.000							
OPEX Variable CARBON		1.947.960							
OPEX ANUAL CARBON		17.097.960							
Anualidad		0		1		2		3	
Año		2026		2027		2028		2029	
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)				3,73%		3,73%		3,73%	
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)				6,34%		6,34%		6,34%	
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)				0%		0%		0%	
Degradación (Capacidad Nominal)				0,3%		0,3%		0,3%	
Precios tonelada de CO2				50		51,866		53,801	
Precios tonelada de CO2						93,202		96,680	
Precios tonelada de CO2								100,287	
INGRESOS									
Generación (kWh/año)				66.958.520		66.757.644		66.557.372	
Tarifa (USD \$/kWh)		Fuente: Comparación tecnologías SMR		\$ 0,11		\$ 0,11		\$ 0,11	
Venta de Energía solar				\$ 7.144.134		\$ 7.293.759		\$ 6.805.838	
Reducción de Emisiones				\$ 2.266.546		\$ 2.344.061		\$ 2.424.227	
Cargo por Confiabilidad Solar				\$ 1.218.645		\$ 1.260.322		\$ 1.256.541	
Consumo de carbón				\$ 61.994.690		\$ 64.307.814		\$ 66.707.245	
Impuesto al carbón				\$ 85.740.032		\$ 88.939.134		\$ 92.257.600	
O&M planta de carbon				\$ 17.097.960		\$ 17.735.913		\$ 18.397.669	
Valor de Salvamento Equipos Termicos		\$ 19.695.000							
Total Ingresos		\$ 19.695.000		\$ 175.462.007		\$ 181.881.004		\$ 187.849.121	
Total Ingresos									
EGRESOS									
Gastos Operativos - OPEX				\$ 442.154,09		\$ 458.651,59		\$ 475.764,64	
Costos de desmontaje plata termica		\$ 50.000.000							
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon				\$ 284.809.045		\$ 295.435.741		\$ 306.458.936	
Costos de Inversión - CAPEX		\$ 35.981.481,48		\$ -		\$ -		\$ -	
Total Egresos		\$ 85.981.481		\$ 285.251.199		\$ 295.894.392		\$ 306.934.700	
Total Egresos									
EBITDA		\$ -66.286.481,48		\$ -109.789.192,06		\$ -114.013.388,49		\$ -119.085.579,54	
Porcentaje EBITDA				-63%		-63%		-63%	
Depreciacion				\$ 6.700.000		\$ 6.700.000		\$ 6.700.000	
IVA		\$ 2.481.481							
Impuesto de Renta				\$ 1.220.510		\$ 1.308.822		\$ 1.158.795	
Deducción de renta		\$ 3.908.333				\$ 3.908.333		\$ 3.908.333	
ICA				\$ 10.629		\$ 10.898		\$ 10.487	
4*1000		\$ 343.925,93		\$ 44.286		\$ 45.427		\$ 43.849	
Flujo de Caja				-60.240.592,59		-114.972.950,54		-125.986.868,92	
Flujo de Caja Descontado		#1NUM!		#1NUM!		#1NUM!		#1NUM!	
Flujo de Caja Acumulado				-60.240.592,59		-175.213.543,13		-301.200.412,05	
Flujo de Caja Acumulado									
Valor Presente Egresos		\$ 3.785.333,257							
Valor Presente Ingresos		\$ 2.265.822,356							
Flujo de Caja Sin Financiación									
Egresos e Ingresos Sin Financiación									

13. Modelo Varia Emisiones \$50 275

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables	Valor de Referencia	Descripción
Radiación (Horas pico solar)	4,60	
Capacidad Instalada MW	275,00	
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8	
Generación (kWh/año) - Año 0	369.380.000	kWp * Radiación *365*FR*1000
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 184.250.000	
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 13.648.148	1,08
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 197.898.148	
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 1.883.750	
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 460.625	0,25%
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 2.344.375	
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677	
ICA municipio de Dibulla	0,0010	
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG	1.653.120	
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t	50	
Generación promedio carbon	1.546.000.000	
Capacidad de las unidades	300	
OPEX FIJO CARBON	15.150.000	
OPEX Variable CARBON	1.947.960	
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960	

Anualidad Año	0 2026	1 2027	2 2028	3 2029	18 2044	19 2045	20 2046
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)			3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)			6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)			0%	0%	0%	0%	0%
Degradación (Capacidad Nominal)			0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Precios tonelada de CO2			50	51,866	53,801	56,680	60,287
INGRESOS							
Generación (kWh/año)			368.271.860	367.167.044	366.065.543	349.934.069	347.837.614
Tarifa (USD \$/kWh)		Fuente: Comparación tecnologías SMR	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11
Venta de Energía solar			\$ 39.292.738	\$ 40.115.674	\$ 37.432.108	\$ 40.232.413	\$ 37.995.513
Reducción de Emisiones			\$ 12.466.002	\$ 12.892.336	\$ 13.333.250	\$ 22.080.161	\$ 22.835.297
Cargo por Confiabilidad Solar			\$ 6.702.548	\$ 6.931.773	\$ 6.910.978	\$ 6.606.430	\$ 6.586.611
Consumo de carbón			\$ 61.994.690	\$ 64.307.814	\$ 66.707.245	\$ 115.561.145	\$ 119.872.922
Impuesto al carbón			\$ 85.740.032	\$ 88.939.134	\$ 92.257.600	\$ 159.823.627	\$ 165.786.910
O&M planta de carbón			\$ 17.097.960	\$ 17.735.913	\$ 18.397.669	\$ 31.871.437	\$ 33.060.612
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$ 19.695.000						
Total Ingresos	\$ 19.695.000	\$ 222.293.971	\$ 230.922.644	\$ 235.038.851	\$ 376.175.214	\$ 386.137.866	\$ 400.184.802
EGRESOS							
Gastos Operativos - OPEX		\$ 2.431.847,50	\$ 2.522.583,74	\$ 2.616.705,50	\$ 4.533.083,09	\$ 4.702.219,90	\$ 4.877.667,49
Costos de desmontaje plata termica	\$ 50.000.000						
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energía con carbon		\$ 284.809.045	\$ 295.435.741	\$ 306.458.936	\$ 530.898.039	\$ 550.706.720	\$ 571.254.497
Costos de Inversión - CAPEX	\$ 197.898.148,15						
Total Egresos	\$ 247.898.148	\$ 287.240.893	\$ 297.958.324	\$ 309.075.641	\$ 535.431.122	\$ 555.408.940	\$ 576.132.164
EBITDA	-228.203.148,15	-63.946.921,91	-67.035.679,95	-74.036.790,49	-159.255.907,91	-169.271.074,22	-175.947.362,74
Porcentaje EBITDA		-29%	-29%	-31%	-42%	-44%	-44%
Depreciacion		\$ 36.850.000	\$ 36.850.000	\$ 36.850.000			
IVA	\$ 13.648.148						
Impuesto de Renta		\$ 6.712.804	\$ 7.198.520	\$ 6.373.371	\$ 22.535.073	\$ 21.950.320	\$ 22.643.146
Deducción de renta	\$ 21.495.833	\$ 21.495.833	\$ 21.495.833	\$ 21.495.833	\$ 68.919	\$ 67.417	\$ 69.572
ICA		\$ 58.461	\$ 59.940	\$ 57.676	\$ 68.919	\$ 67.417	\$ 69.572
4*1000	\$ 991.592,59	\$ 243.573	\$ 249.849	\$ 241.172	\$ 293.808	\$ 288.479	\$ 297.800
Flujo de Caja	-194.050.759,26	-92.457.593,53	-132.889.822,29	-117.559.009,86	-182.153.707,78	-191.577.290,49	-198.957.881,31
Flujo de Caja Descontado	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!
Flujo de Caja Acumulado	-194.050.759,26	-286.508.352,79	-419.398.175,08	-536.957.184,95	-2.639.157.532,86	-2.830.734.823,35	-3.029.692.704,67
Valor Presente Egresos	\$ 3.973.053.762						
Valor Presente Ingresos	\$ 2.753.862.417						
WACC (Ejemplo - CDT)	8%						
TIR	#NUM!						
VPN (USD\$)	\$ 1.485.729.738						
Beneficios / Costos	0,69						
Años en déficit	21						
Retorno de la inversión en Años	21						

14. Modelo Varia Emisiones \$50 1088

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN				
Variables	Valor de Referencia	Descripción		
Radiación (Horas pico solar)	4,60			
Capacidad Instalada MW	1088,00			
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8			
Generación (KWh/año) - Año 0	1.461.401.600	kWp * Radiación *365*FR*1000		
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 728.960.000			
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 53.997.037	1,08		
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 782.957.037			
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 7.452.800			
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 1.822.400	0,25%		
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 9.275.200			
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677			
ICA municipio de Dibulla	0,0010			
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh		
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG	1.653.120	\$ 912.030.000 \$ 741.090.000 \$ 1.653.120.000		
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t	50			
Generación promedio carbon	1.546.000.000	O&M Fijos (USD/MWh/año) 50.500		
Capacidad de las unidades	300	O&M Variables (USD/MWh) 1,26		
OPEX FIJO CARBON	15.150.000			
OPEX Variable CARBON	1.947.960			
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960			

Anualidad	0	1	2	3	18	19	20
Año	2026	2027	2028	2029	2044	2045	2046
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Precios tonelada de CO2		50	51,866	53,801	93,202	96,680	100,287
INGRESOS							
Generación (kWh/año)		1.457.017.395	1.452.646.343	1.448.288.404	1.384.466.425	1.380.313.026	1.376.172.087
Tarifa (USD \$/kWh)		\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,10	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,11
Venta de Energía solar		\$ 155.456.362	\$ 158.712.193	\$ 148.095.032	\$ 159.174.055	\$ 150.324.066	\$ 155.838.243
Reducción de Emisiones		\$ 49.320.039	\$ 51.006.770	\$ 52.751.187	\$ 87.357.147	\$ 90.344.737	\$ 93.434.501
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 26.517.717	\$ 27.424.615	\$ 27.342.341	\$ 26.137.441	\$ 26.059.029	\$ 25.980.852
Consumo de carbón		\$ 61.994.690	\$ 64.307.814	\$ 66.707.245	\$ 115.961.145	\$ 119.972.922	\$ 124.345.579
Impuesto al carbón		\$ 85.740.032	\$ 88.939.134	\$ 92.257.600	\$ 159.823.827	\$ 165.786.910	\$ 171.972.694
O&M planta de carbon		\$ 17.097.960	\$ 17.735.913	\$ 18.397.669	\$ 31.871.437	\$ 33.060.612	\$ 34.294.158
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$ 19.695.000						
Total Ingresos	\$ 19.695.000	\$ 396.126.799	\$ 408.126.440	\$ 405.551.075	\$ 579.924.853	\$ 585.448.277	\$ 605.866.028
EGRESOS							
Gastos Operativos - OPEX		\$ 9.621.273,02	\$ 9.980.258,59	\$ 10.352.638,50	\$ 17.934.525,11	\$ 18.603.691,83	\$ 19.297.826,27
Costos de desmontaje plata termica	\$ 50.000.000						
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon		\$ 284.809,045	\$ 295.435.741	\$ 306.458.936	\$ 530.898.039	\$ 550.706.720	\$ 571.254.497
Costos de Inversión - CAPEX	\$ 782.957.037,04						
Total Egresos	\$ 832.957.037	\$ 294.430.318	\$ 305.415.999	\$ 316.811.574	\$ 548.832.564	\$ 569.310.412	\$ 590.552.323
EBITDA	-813.262.037,04	101.696.480,90	102.710.440,26	88.739.500,63	31.092.286,99	16.137.864,95	15.313.704,66
Porcentaje EBITDA		26%	25%	22%	5%	3%	3%
Depreciación		\$ 145.792.000	\$ 145.792.000	\$ 145.792.000			
IVA	\$ 53.997.037						
Impuesto de Renta		\$ 26.558.295	\$ 28.479.962	\$ 25.215.373	\$ 89.156.941	\$ 86.843.449	\$ 89.584.520
Deducción de renta	\$ 85.045.333	\$ 85.045.333	\$ 85.045.333				
ICA		\$ 231.294	\$ 237.144	\$ 228.189	\$ 272.669	\$ 266.728	\$ 275.254
4*1000	\$ 3.331.828,15	\$ 963.662	\$ 988.495	\$ 954.165	\$ 1.162.413	\$ 1.141.326	\$ 1.178.206
Flujo de Caja	-677.551.494,81	-11.102.103,55	-157.832.493,83	-83.450.225,49	-59.499.733,76	-72.113.637,98	-75.724.274,27
Flujo de Caja Descontado	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!
Flujo de Caja Acumulado	-677.551.494,81	-688.653.598,36	-846.486.092,19	-929.936.317,69	-1.476.252.560,94	-1.548.366.198,92	-1.624.090.473,19
Valor Presente Egresos	\$ 4.651.350.520						
Valor Presente Ingresos	\$ 4.517.313.836						
WACC (Ejemplo - CDT)	8%						
TIR	#NUM!						
VPN (USD\$)	\$ 1.187.968.217						
Beneficios / Costos	0,97						
Años en déficit	21						
Retorno de la inversión en Años	21						

Flujo de Caja Sin Financiación

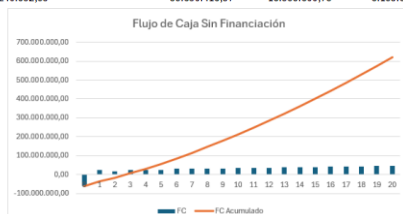
Egresos e Ingresos Sin Financiación

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.

15. Modelo Varia Emisiones \$130 50

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables	Valor de Referencia	Descripción						
Radiación(Horas pico solar)	4,60							
Capacidad Instalada MW	50,00							
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8							
Generación (kWh/año) - Año 0	67.160.000	kWp * Radiación *365*FR*1000						
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 33.500.000							
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 2.481.481	1,08						
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 35.981.481							
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 342.500							
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 83.750	0,25%						
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 426.250							
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677							
ICA municipio de Dibulla	0,0010							
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh						
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG	1.653.120	\$ 912.030.000 \$ 741.090.000 \$ 1.653.120.000						
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t	130							
Generacion promedio carbon	1.546.000.000	O&M Fijos (USD/MWh/año) 50.500						
Capacidad de las unidades	300	O&M Variables (USD/MWh) 1,26						
OPEX FIJO CARBON	15.150.000							
OPEX Variable CARBON	1.947.960							
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960							
Añualidad	0	1	2	3	18	19	20	
Año	2026	2027	2028	2029	2044	2045	2046	
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	
Precios tonelada de CO2		130	134,851	139,862	242,326	251,368	260,747	
INGRESOS								
Generación (kWh/año)		66.958.520	66.757.644	66.557.372	63.624.376	63.433.503	63.243.203	
Tarifa (USD \$/kWh)	Fuente: Comparación tecnologías SMR	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,10	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,11	
Venta de Energía solar		\$ 7.144.134	\$ 7.293.759	\$ 6.805.838	\$ 7.314.984	\$ 6.908.275	\$ 7.161.684	
Reducción de Emisiones		\$ 5.893.019	\$ 6.094.559	\$ 6.302.991	\$ 10.437.894	\$ 10.794.867	\$ 11.164.049	
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 1.218.645	\$ 1.260.322	\$ 1.256.541	\$ 1.201.169	\$ 1.197.566	\$ 1.193.973	
Consumo de carbón		\$ 61.994.690	\$ 64.307.814	\$ 66.707.245	\$ 115.561.145	\$ 119.872.922	\$ 124.345.579	
Impuesto al carbón		\$ 222.924.083	\$ 231.241.748	\$ 239.869.759	\$ 415.541.431	\$ 431.045.967	\$ 447.129.003	
O&M planta de carbon		\$ 17.097.960	\$ 17.735.913	\$ 18.397.669	\$ 31.871.437	\$ 33.060.612	\$ 34.294.158	
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$	19.695.000						
Total Ingresos	\$	19.695.000	316.272.532	327.934.116	339.340.044	581.928.061	602.880.210	625.288.447
EGRESOS								
Gastos Operativos - OPEX		\$ 442.154,09	\$ 458.651,59	\$ 475.764,64	\$ 824.196,93	\$ 854.949,07	\$ 886.848,63	
Costos de desmontaje plata termica	\$	50.000.000						
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon		\$ 284.809,045	\$ 295.435,741	\$ 306.458,936	\$ 530.898,039	\$ 550.706,720	\$ 571.254,497	
Costos de Inversión - CAPEX	\$	35.981.481,48	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Total Egresos	\$	85.981.481	285.251.199	295.894.392	306.934.700	531.722.236	551.561.669	572.141.345
EBITDA		-66.286.481,48	31.021.332,17	32.039.723,39	32.405.343,63	50.205.825,03	51.318.540,87	53.147.101,29
Porcentaje EBITDA			10%	10%	10%	9%	9%	8%
Depreciacion		\$ 6.700.000	\$ 6.700.000	\$ 6.700.000				
IVA	\$	2.481.481						
Impuesto de Renta		\$ 2.489.776	\$ 2.621.496	\$ 2.516.362	\$ 6.345.448	\$ 6.316.016	\$ 6.521.500	
Deducción de renta	\$	3.908.333	\$ 3.908.333	\$ 3.908.333				
ICA		\$ 14.256	\$ 14.649	\$ 14.365	\$ 18.954	\$ 18.901	\$ 19.520	
4*1000	\$	343.925,93	\$ 58.792	\$ 60.429	\$ 59.365	\$ 79.113	\$ 79.023	\$ 81.626
Flujo de Caja		-60.240.592,59	24.550.175,62	18.734.816,24	23.115.251,70	43.762.310,21	44.904.601,83	46.524.455,35
Flujo de Caja Descontado		-60.240.592,59	17.480.275,43	9.498.100,79	8.344.102,52	96.824,72	70.740,89	52.186,08
Flujo de Caja Acumulado		-60.240.592,59	-35.690.416,97	-16.955.600,73	6.159.650,97	528.470.485,25	573.375.087,08	619.899.542,43
Valor Presente Egresos	\$	3.785.333,257						
Valor Presente Ingresos	\$	4.090.824,764						
				Flujo de Caja Sin Financiación		Egresos e Ingresos Sin Financiación		
WACC (Ejemplo - CDI)		8%						
TIR		40%						
VPN (USD\$)	\$	240.573.047						
Beneficios / Costos		1,08						
Años en deficit		1						
Retorno de la inversión en Años		3						



MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.

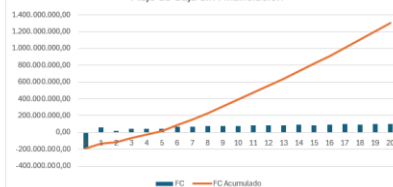
16. Modelo Varia Emisiones \$130 275

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

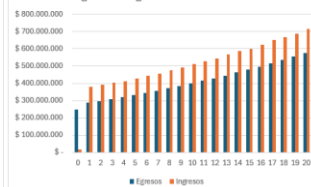
Variables	Valor de Referencia	Descripción
Radiación(Horas pico solar)	4,60	
Capacidad Instalada MW	275,00	
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8	
Generación (kWh/año) - Año 0	369.380.000	kWp * Radiación *365*FR*1000
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 184.250.000	
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 13.648.148	1,08
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 197.898.148	
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 1.883.750	
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 460.625	0,25%
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 2.344.375	
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677	
ICA municipio de Dibulla	0,0010	
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG	1.653.120	\$ 912.030.000 \$ 741.090.000 \$ 1.653.120.000
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t	130	
Generación promedio carbon	1.546.000.000	
Capacidad de las unidades	300	
OPEX FIJO CARBON	15.150.000	
OPEX Variable CARBON	1.947.960	
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960	

Anualidad Año	0 2026	1 2027	2 2028	3 2029	18 2044	19 2045	20 2046
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Precios tonelada de CO2		130	134,851	139,882	242,326	251,368	260,747
INGRESOS							
Generación (kWh/año)		368.271.860	367.167.044	366.065.543	349.934.069	348.884.267	347.837.614
Tarifa (USD \$/kWh)		0,11 \$	0,11 \$	0,10 \$	0,11 \$	0,11 \$	0,11 \$
Venta de Energía solar		\$ 39.292.738	\$ 40.115.674	\$ 37.432.108	\$ 40.232.413	\$ 37.995.513	\$ 39.389.262
Reducción de Emisiones		\$ 32.411.606	\$ 33.520.074	\$ 34.666.451	\$ 57.408.419	\$ 59.371.771	\$ 61.402.269
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 6.702.548	\$ 6.931.773	\$ 6.910.978	\$ 6.606.430	\$ 6.586.611	\$ 6.566.851
Consumo de carbón		\$ 61.994.690	\$ 64.307.814	\$ 66.707.245	\$ 115.561.145	\$ 119.872.922	\$ 124.345.579
Impuesto al carbón		\$ 222.924.083	\$ 231.241.748	\$ 239.869.759	\$ 415.541.431	\$ 431.045.967	\$ 447.129.003
O&M planta de carbon		\$ 17.097.960	\$ 17.735.913	\$ 18.397.669	\$ 31.871.437	\$ 33.060.612	\$ 34.294.158
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$ 19.695.000						
Total Ingresos	\$ 19.695.000	\$ 380.423.626	\$ 393.852.996	\$ 403.984.211	\$ 667.221.275	\$ 687.933.397	\$ 713.127.123
EGRESOS							
Gastos Operativos - OPEX		\$ 2.431.847,50	\$ 2.522.583,74	\$ 2.616.705,50	\$ 4.533.083,09	\$ 4.702.219,90	\$ 4.877.667,49
Costos de desmontaje plata termica	\$ 50.000.000						
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon		\$ 284.809.045	\$ 295.435.741	\$ 306.458.936	\$ 530.898.039	\$ 550.706.720	\$ 571.254.497
Costos de Inversión - CAPEX	\$ 197.898.148,15						
Total Egresos	\$ 247.898.148	\$ 287.240.893	\$ 297.958.324	\$ 309.075.641	\$ 535.431.122	\$ 555.408.940	\$ 576.132.164
EBITDA		93.182.732,82	95.894.672,04	94.908.569,59	131.790.153,81	132.524.457,05	136.994.958,63
Porcentaje EBITDA	-228.203.148,15	24%	24%	23%	20%	19%	19%
Depreciacion		\$ 36.850.000	\$ 36.850.000	\$ 36.850.000			
IVA	\$ 13.648.148						
Impuesto de Renta		\$ 13.693.766	\$ 14.418.228	\$ 13.839.991	\$ 34.899.963	\$ 34.738.086	\$ 35.868.250
Deducción de renta	\$ 21.495.833		\$ 21.495.833				
ICA		\$ 78.407	\$ 80.568	\$ 79.010	\$ 104.247	\$ 103.954	\$ 107.358
4*1000	\$ 991.592,59	\$ 323.355	\$ 332.360	\$ 326.505	\$ 435.121	\$ 434.624	\$ 448.944
Flujo de Caja	-194.050.759,26	57.591.371,80	22.717.682,73	43.813.063,97	96.350.822,30	97.247.792,33	100.570.405,96
Flujo de Caja Descontado	-194.050.759,26	45.328.850,56	14.073.385,90	21.362.667,21	1.294.692,17	1.028.509,08	837.174,26
Flujo de Caja Acumulado	-194.050.759,26	-136.459.387,46	-113.741.704,73	-69.928.640,75	1.106.317.240,22	1.203.565.032,55	1.304.135.438,51
Valor Presente Egresos	\$ 3.973.053,762						
Valor Presente Ingresos	\$ 4.785.399,378						
WACC (Ejemplo - CDT)	8%						
TIR	27%						
VPN (USD\$)	\$ 456.194.289						
Beneficios / Costos	1,20						
Años en déficit	1						
Retorno de la inversión en Años	5						

Flujo de Caja Sin Financiación



Egresos e Ingresos Sin Financiación

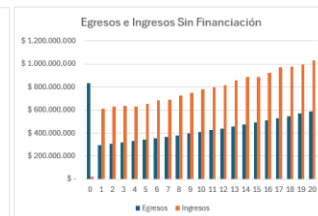
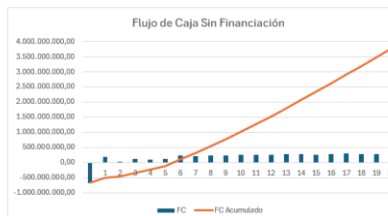


MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.

17. Modelo Varia Emisiones \$1301088

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables	Valor de Referencia	Descripción						
Radiación(Horas pico solar)	4,60							
Capacidad Instalada MW	1088,00							
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8							
Generación (kWh/año) - Año 0	1.461.401.600	kWp * Radiación *365*FR*1000						
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 728.960.000							
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 53.997.037	1,08						
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 782.957.037							
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 7.452.800							
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 1.822.400	0,25%						
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 9.275.200							
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677							
ICA municipio de Dibulla	0,0010							
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh						
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG	1.653.120	\$ 912.030.000 \$ 741.090.000 \$ 1.653.120.000						
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t	130							
Generacion promedio carbon	1.546.000.000	O&M Fijos (USD/MWh/año) 50.500						
Capacidad de las unidades	300	O&M Variables (USD/MWh) 1,36						
OPEX FIJO CARBON	15.150.000							
OPEX Variable CARBON	1.947.960							
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960							
Añualidad	0	1	2	3	18	19	20	
Año	2026	2027	2028	2029	2044	2045	2046	
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	
Precios tonelada de CO2		130	134,851	139,882	242,326	251,368	260,747	
INGRESOS								
Generación (kWh/año)		1.457.017.395	1.452.646.343	1.448.288.404	1.384.466.425	1.380.313.026	1.376.172.087	
Tarifa (USD \$/kWh)	Fuente: Comparación tecnologías SMR	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,10	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,11	
Venta de Energía solar		\$ 155.456.362	\$ 158.712.193	\$ 148.095.032	\$ 159.174.055	\$ 150.324.066	\$ 155.838.243	
Reducción de Emisiones		\$ 128.232.101	\$ 132.617.602	\$ 137.153.086	\$ 227.128.583	\$ 234.896.316	\$ 242.929.703	
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 26.517.717	\$ 27.424.615	\$ 27.342.341	\$ 26.137.441	\$ 26.059.029	\$ 25.980.852	
Consumo de carbón		\$ 61.994.690	\$ 64.307.814	\$ 66.707.245	\$ 115.561.145	\$ 119.872.922	\$ 124.345.579	
Impuesto al carbón		\$ 222.924.083	\$ 231.241.748	\$ 239.869.759	\$ 415.541.431	\$ 431.045.967	\$ 447.129.003	
O&M planta de carbon		\$ 17.097.960	\$ 17.735.913	\$ 18.397.669	\$ 31.871.437	\$ 33.060.612	\$ 34.294.158	
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$	19.695.000						
Total Ingresos	\$	19.695.000	\$ 612.222.912	\$ 632.039.886	\$ 637.565.134	\$ 975.414.092	\$ 995.258.913	\$ 1.030.517.540
EGRESOS								
Gastos Operativos - OPEX		\$ 9.621.273,02	\$ 9.980.258,59	\$ 10.352.638,50	\$ 17.934.525,11	\$ 18.603.691,83	\$ 19.297.826,27	
Costos de desmontaje/ plata termica	\$	50.000.000						
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon		\$ 284.809.045	\$ 295.435.741	\$ 306.458.936	\$ 530.898.039	\$ 550.706.720	\$ 571.254.497	
Costos de Inversión - CAPEX	\$	782.957.037,04	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Total Egresos	\$	832.957.037	\$ 294.430.318	\$ 305.415.999	\$ 316.811.574	\$ 548.832.564	\$ 569.310.412	\$ 590.552.323
EBITDA		-813.262.037,04	317.792.593,82	326.623.886,50	320.753.559,40	426.581.528,43	425.948.500,85	439.965.216,46
Porcentaje EBITDA			52%	52%	50%	44%	43%	43%
Depreciacion		\$ 145.792.000	\$ 145.792.000	\$ 145.792.000				
IVA	\$	53.997.037						
Impuesto de Renta		\$ 54.177.517	\$ 57.043.753	\$ 54.756.038	\$ 138.076.944	\$ 137.436.502	\$ 141.907.840	
Deducción de renta	\$	85.045.333	\$ 85.045.333	\$ 85.045.333				
ICA		\$ 120.296	\$ 318.754	\$ 312.590	\$ 412.440	\$ 411.279	\$ 424.749	
4*1000	\$	3.331.828,15	\$ 1.279.310	\$ 1.314.939	\$ 1.291.772	\$ 1.721.498	\$ 1.719.532	\$ 1.776.186
Flujo de Caja		-677.551.494,81	176.980.227,31	37.109.106,99	118.601.159,01	286.370.645,95	286.381.187,33	295.856.440,84
Flujo de Caja Descontado		-677.551.494,81	144.034.064,57	24.578.843,21	63.930.829,10	7.025.171,34	5.717.594,81	4.807.180,02
Flujo de Caja Acumulado		-677.551.494,81	-500.571.267,50	-463.462.160,52	-344.861.001,51	3.194.270.181,50	3.480.651.368,84	3.776.507.809,67
Valor Presente Egresos	\$	4.651.350.520						
Valor Presente Ingresos	\$	7.295.129.910						
Flujo de Caja Sin Financiación				Egresos e Ingresos Sin Financiación				
WACC (Ejemplo - CDT)		8%						
TIR		23%						
VPN (USD\$)	\$	1.235.305.708						
Beneficios / Costos		1,57						
Años en deficit		1						
Retorno de la inversión en Años		6						



MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.

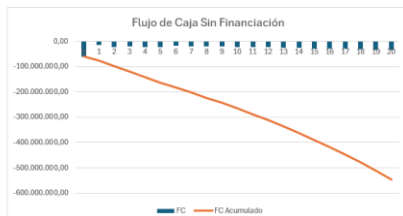
18. Modelo % generación 50_10%

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables	Valor de Referencia	Descripción					
Radiación(Horas pico solar)	4,60						
Capacidad Instalada MW	50,00						
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8						
Generación (kWh/año) - Año 0	67.160.000	kWp * Radiación *365*FR*1000					
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 33.500.000						
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 2.481.481	1,08					
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 35.981.481						
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 342.500						
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 83.750	0,25%					
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 426.250						
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677						
ICA municipio de Dibulla	0,0010						
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh					
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG	1.653.120	\$ 912.030.000 \$ 741.090.000 \$ 1.653.120.000					
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t	6						
Porcentaje de generación	0,10						
Generación promedio carbon	1.546.000.000	O&M fijos (USD\$/MWh/año) 50.500					
Capacidad de las unidades	300	O&M Variables (USD\$/MWh) 1,26					
OPEX FIJO CARBON	15.150.000						
OPEX Variable CARBON	1.947.960						
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960						
Anualidad	0	1	2	3	18	19	20
Año	2026	2027	2028	2029	2044	2045	2046
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Precios tonelada de CO2		6,0	6,2	6,5	11,2	11,6	12,0
INGRESOS							
Generación (kWh/año)		66.958.520	66.757.644	66.557.372	63.624.376	63.433.503	63.243.203
Tarifa (USD \$/kWh)	Fuente: Comparación tecnologías SMR	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,10	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,11
Venta de Energía solar		\$ 7.144.134	\$ 7.293.759	\$ 6.805.838	\$ 7.314.984	\$ 6.908.275	\$ 7.161.684
Reducción de Emisiones		\$ 271.986	\$ 281.287	\$ 290.907	\$ 481.749	\$ 498.225	\$ 515.264
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 1.218.645	\$ 1.260.322	\$ 1.256.541	\$ 1.201.169	\$ 1.197.566	\$ 1.193.973
Consumo de carbón		\$ 6.199.469	\$ 6.430.781	\$ 6.670.725	\$ 11.556.115	\$ 11.967.292	\$ 12.434.558
Impuesto al carbon		\$ 1.028.880	\$ 1.067.270	\$ 1.107.091	\$ 1.917.884	\$ 1.989.443	\$ 2.063.672
O&M planta de carbon		\$ 1.709.796	\$ 1.773.591	\$ 1.839.767	\$ 3.187.144	\$ 3.306.061	\$ 3.429.416
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$ 19.695.000						
Total Ingresos	\$ 19.695.000	\$ 17.572.910	\$ 18.107.011	\$ 17.970.869	\$ 25.659.044	\$ 25.886.862	\$ 26.798.567
EGRESOS							
Gastos Operativos - OPEX	\$ 50.000.000	\$ 442.154,09	\$ 458.651,59	\$ 475.764,64	\$ 824.196,93	\$ 854.949,07	\$ 886.848,63
Costos de desmontaje plata termica	\$ 50.000.000						
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon	\$ 28.480.905	\$ 29.543.574	\$ 30.645.894	\$ 53.089.804	\$ 55.070.672	\$ 57.125.450	\$ 57.125.450
Costos de Inversión - CAPEX	\$ 35.981.481,48	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 85.981.481	\$ 28.923.059	\$ 30.002.226	\$ 31.121.658	\$ 53.914.001	\$ 55.925.621	\$ 58.012.298
EBITDA	-66.286.481,48	-11.350.148,36	-11.895.214,71	-13.150.788,98	-28.254.956,77	-30.038.759,29	-31.213.731,50
Porcentaje EBITDA		-65%	-66%	-73%	-110%	-116%	-116%
Depreciacion		\$ 6.700.000	\$ 6.700.000	\$ 6.700.000			
IVA	\$ 2.481.481						
Impuesto de Renta	\$ 522.414	\$ 586.851	\$ 412.133	\$ 2.860.797	\$ 2.712.191	\$ 2.794.425	
Deducción de renta	\$ 3.908.333	\$ 3.908.333	\$ 3.908.333				
ICA	\$ 8.635	\$ 8.835	\$ 8.353	\$ 8.998	\$ 8.604	\$ 8.871	
4*1000	\$ 343.925,93	\$ 36.308	\$ 37.176	\$ 35.316	\$ 39.288	\$ 37.836	\$ 39.031
Flujo de Caja	-60.240.592,59	-15.825.837,90	-23.136.410,44	-20.306.591,15	-31.164.039,95	-32.797.390,13	-34.056.058,74
Flujo de Caja Descontado	#1:NUM!	#1:NUM!	#1:NUM!	#1:NUM!	#1:NUM!	#1:NUM!	#1:NUM!
Flujo de Caja Acumulado	-60.240.592,59	-76.066.430,49	-99.202.840,93	-119.509.432,08	-479.268.176,08	-512.065.566,21	-546.121.624,95
Valor Presente Egresos	\$ 461.077.427						
Valor Presente Ingresos	\$ 218.821.792						
WACC (Ejemplo - CDT)	8%						
TIR	#1:NUM!						
VPN (USD\$)	\$ 281.919.483						
Beneficios / Costos	0,47						
Años en déficit	21						
Retorno de la inversión en Años	21						

Flujo de Caja Sin Financiación

Egresos e Ingresos Sin Financiación



MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.

19. Modelo % generación 275_10%

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables	Valor de Referencia	Descripción						
Radiación(Horas pico solar)	4,60							
Capacidad Instalada MW	275,00							
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8							
Generación (kWh/año) - Año 0	369.380.000	kWp * Radiación *365*FR*1000						
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 184.250.000							
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 13.648.148	1,08						
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 197.898.148							
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 1.883.750							
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 460.625	0,25%						
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 2.344.375							
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677							
ICA municipio de Dibulla	0,0010							
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh						
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG	1.653.120	\$ 912.030.000 \$ 741.090.000 \$ 1.653.120.000						
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t	6							
Porcentaje de Generación	0,10							
Generación promedio carbon	1.546.000.000	O&M fijos (USD/MWh/año) 50.500						
Capacidad de las unidades	300	O&M Variables (USD/MWh) 1,26						
OPEX FIJO CARBON	15.150.000							
OPEX Variable CARBON	1.947.960							
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960							
Anualidad	0	1	2	3	18	19	20	
Año	2026	2027	2028	2029	2044	2045	2046	
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	
Precios tonelada de CO2		6,0	6,2	6,5	11,2	11,6	12,0	
INGRESOS								
Generación (kWh/año)		368.271.860	367.167.044	366.065.543	349.934.069	348.884.267	347.837.614	
Tarifa (USD \$/kWh)	Fuente: Comparación tecnologías SMR	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,10	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,11	
Venta de Energía solar		\$ 39.292.738	\$ 40.115.674	\$ 37.432.108	\$ 40.232.413	\$ 37.995.513	\$ 39.389.262	
Reducción de Emisiones		\$ 1.495.920	\$ 1.547.080	\$ 1.599.990	\$ 2.649.619	\$ 2.740.236	\$ 2.833.951	
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 6.702.548	\$ 6.931.773	\$ 6.910.978	\$ 6.606.430	\$ 6.586.611	\$ 6.566.851	
Consumo de carbón		\$ 6.199.469	\$ 6.430.781	\$ 6.670.725	\$ 11.556.115	\$ 11.967.292	\$ 12.434.558	
Impuesto al carbón		\$ 1.028.890	\$ 1.067.270	\$ 1.107.091	\$ 1.917.884	\$ 1.989.443	\$ 2.063.672	
O&M planta de carbon		\$ 1.709.796	\$ 1.773.591	\$ 1.839.767	\$ 3.187.144	\$ 3.306.061	\$ 3.429.416	
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$	19.695.000						
Total Ingresos	\$	19.695.000	\$ 56.429.352	\$ 57.866.170	\$ 55.560.659	\$ 66.149.604	\$ 64.605.156	\$ 66.717.710
EGRESOS								
Gastos Operativos - OPEX	\$	2.431.847,50	\$ 2.522.583,74	\$ 2.616.705,50	\$ 4.533.083,09	\$ 4.702.219,90	\$ 4.877.667,49	
Costos de desmontaje plata termica	\$	50.000.000						
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon	\$	28.480.905	\$ 29.543.574	\$ 30.645.894	\$ 53.089.804	\$ 55.070.672	\$ 57.125.450	
Costos de Inversión - CAPEX	\$	197.898.148,15	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Total Egresos	\$	247.898.148	\$ 30.912.752	\$ 32.066.158	\$ 33.262.599	\$ 57.622.887	\$ 59.772.892	\$ 62.003.117
EBITDA		-228.203.148,15	25.516.600,62	25.800.011,78	22.298.059,78	8.526.717,35	4.832.264,22	4.714.593,04
Porcentaje EBITDA			45%	45%	40%	13%	7%	7%
Depreciacion		\$ 36.850.000	\$ 36.850.000	\$ 36.850.000				
IVA	\$	13.648.148						
Impuesto de Renta		\$ 2.873.276	\$ 3.227.680	\$ 2.266.730	\$ 15.734.383	\$ 14.917.049	\$ 15.369.339	
Deducción de renta	\$	21.495.833	\$ 21.495.833					
ICA		\$ 47.491	\$ 48.595	\$ 45.943	\$ 49.488	\$ 47.322	\$ 48.790	
4*1000	\$	991.592,59	\$ 199.692	\$ 204.468	\$ 194.239	\$ 216.086	\$ 208.098	\$ 214.671
Flujo de Caja		-194.050.759,26	900.307,56	-36.026.564,74	-17.058.852,17	-7.473.240,12	-10.340.205,41	-10.918.206,78
Flujo de Caja Descontado	#!NUM!		#!NUM!	#!NUM!	#!NUM!	#!NUM!	#!NUM!	#!NUM!
Flujo de Caja Acumulado		-194.050.759,26	-193.150.451,69	-229.177.016,44	-246.235.868,61	-298.236.278,82	-308.576.484,22	-319.494.691,00
Valor Presente Egresos	\$	648.797.932						
Valor Presente Ingresos	\$	593.267.738						
WACC (Ejemplo - CDT)		8%						
TIR		#!NUM!						
VPN (USD\$)	\$	272.781.362						
Beneficios / Costos		0,91						
Años en déficit		12						
Retorno de la inversión en Años		21						



20. Modelo % generación 1088_10%

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables	Valor de Referencia	Descripción
Radiación(Horas pico solar)	4,60	
Capacidad Instalada MW	1088,00	
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8	
Generación (kWh/año) - Año 0	1.461.401.600	kWp * Radiación *365*FR*1000
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 728.960.000	
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 53.997.037	1,08
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 782.957.037	
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 7.452.800	
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 1.822.400	0,25%
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 9.275.200	
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677	
ICA municipio de DIBulla	0,0010	
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG	1.653.120	\$ 912.030.000 \$ 741.090.000 \$ 1.653.120.000
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t	6	
Porcentaje de generación	0,10	
Generación promedio carbon	1.546.000.000	O&M Fijos (USD/MWh/año) 50.500
Capacidad de las unidades	300	O&M Variables (USD/MWh) 1,26
OPEX FIJO CARBON	15.150.000	
OPEX Variable CARBON	1.947.960	
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960	

Anualidad	0	1	2	3	18	19	20
Año	2026	2027	2028	2029	2044	2045	2046
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Precios tonelada de CO2		6,0	6,2	6,5	11,2	11,6	12,0
INGRESOS							
Generación (kWh/año)		1.457.017.395	1.452.646.343	1.448.288.404	1.384.466.425	1.380.313.026	1.376.172.087
Tarifa (USD \$/kWh)		0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11
Venta de Energía solar		\$ 155.456.362	\$ 158.712.193	\$ 148.095.032	\$ 159.174.055	\$ 150.324.066	\$ 155.838.243
Reducción de Emisiones		\$ 5.918.405	\$ 6.120.812	\$ 6.330.142	\$ 10.482.858	\$ 10.841.368	\$ 11.212.140
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 26.517.717	\$ 27.424.615	\$ 27.342.341	\$ 26.137.441	\$ 26.059.029	\$ 25.980.852
Consumo de carbón		\$ 6.199.469	\$ 6.430.781	\$ 6.670.725	\$ 11.556.115	\$ 11.987.292	\$ 12.434.558
Impuesto al carbón		\$ 1.028.880	\$ 1.067.270	\$ 1.107.091	\$ 1.917.884	\$ 1.989.443	\$ 2.063.672
O&M planta de carbon		\$ 1.709.796	\$ 1.773.591	\$ 1.839.767	\$ 3.187.144	\$ 3.306.061	\$ 3.429.416
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$ 19.695.000						
Total Ingresos	\$ 19.695.000	\$ 196.830.628	\$ 201.529.263	\$ 191.385.099	\$ 212.455.495	\$ 204.507.260	\$ 210.958.882
EGRESOS							
Gastos Operativos - OPEX		\$ 9.621.273,02	\$ 9.980.258,59	\$ 10.352.638,50	\$ 17.934.525,11	\$ 18.603.691,83	\$ 19.297.826,27
Costos de desmontaje plata termica	\$ 50.000.000						
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energía con carbon		\$ 28.480.905	\$ 29.543.574	\$ 30.645.894	\$ 53.089.804	\$ 55.070.672	\$ 57.125.450
Costos de Inversión - CAPEX	\$ 782.957.037,04						
Total Egresos	\$ 832.957.037	\$ 38.102.178	\$ 39.523.833	\$ 40.998.532	\$ 71.024.329	\$ 73.674.364	\$ 76.423.276
EBITDA	-813.262.037,04	158.728.450,83	162.005.430,15	150.386.566,60	141.431.166,51	130.832.895,83	134.535.605,70
Porcentaje EBITDA		81%	80%	79%	67%	64%	64%
Depreciación		\$ 145.792.000	\$ 145.792.000	\$ 145.792.000			
IVA	\$ 53.997.037						
Impuesto de Renta		\$ 11.367.723	\$ 12.769.877	\$ 8.968.007	\$ 62.250.940	\$ 59.017.270	\$ 60.806.693
Deducción de renta	\$ 85.045.333	\$ 85.045.333	\$ 85.045.333				
ICA		\$ 187.892	\$ 192.258	\$ 181.768	\$ 195.794	\$ 187.224	\$ 193.031
4*1000	\$ 3.331.828,15	\$ 790.055	\$ 806.952	\$ 768.481	\$ 854.916	\$ 823.313	\$ 849.316
Flujo de Caja	-677.551.494,81	61.337.446,51	-82.602.988,97	-5.323.688,67	78.129.516,61	70.805.088,74	72.686.564,96
Flujo de Caja Descontado	-677.551.494,81	58.804.661,56	-75.922.043,25	-4.691.058,37	36.573.309,66	31.776.031,67	31.273.421,35
Flujo de Caja Acumulado	-677.551.494,81	-616.214.048,31	-698.817.037,28	-704.140.725,94	355.892.309,95	426.697.398,69	499.383.963,65

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.



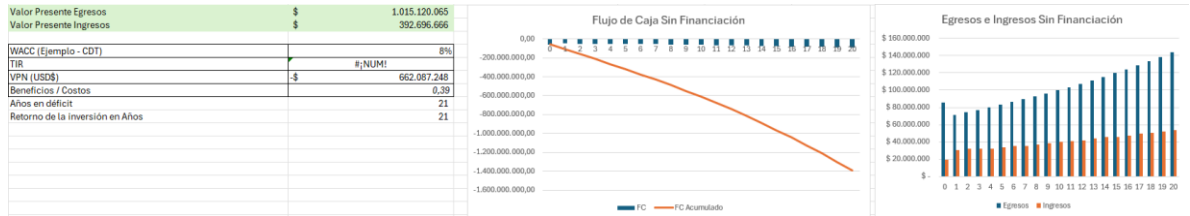
21. Modelo % generación 50_25%

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables	Valor de Referencia	Descripción
Radiación(Horas pico solar)	4,60	
Capacidad Instalada MW	50,00	
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8	
Generación (kWh/año) - Año 0	67.160.000	kWp * Radiación *365*FR*1000
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 33.500.000	
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 2.481.481	1,08
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 35.981.481	
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 342.500	
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 83.750	0,25%
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 426.250	
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677	
ICA municipio de Dibulla	0,0010	
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG	1.653.120	
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t	6	
Porcentaje de generación	0,25	
Generación promedio carbon	1.546.000.000	
Capacidad de las unidades	300	
OPEX FIJO CARBON	15.150.000	
OPEX Variable CARBON	1.947.960	
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960	

Anualidad	0	1	2	3	18	19	20	
Año	2026	2027	2028	2029	2044	2045	2046	
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evtoli - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	
Precios tonelada de CO2		6,0	6,2	6,5	11,2	11,6	12,0	
INGRESOS								
Generación (kWh/año)		66.958.520	66.757.644	66.557.372	63.624.376	63.433.503	63.243.203	
Tarifa (USD \$/kWh)	Fuente: Comparación tecnologías SMR	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,10	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,11	
Venta de Energía solar		\$ 7.144.134	\$ 7.293.759	\$ 6.805.838	\$ 7.314.984	\$ 6.908.275	\$ 7.161.684	
Reducción de Emisiones		\$ 271.986	\$ 281.287	\$ 290.907	\$ 481.749	\$ 498.225	\$ 515.264	
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 1.218.645	\$ 1.260.322	\$ 1.256.541	\$ 1.201.169	\$ 1.197.566	\$ 1.193.973	
Consumo de carbón		\$ 15.498.673	\$ 16.076.954	\$ 16.676.811	\$ 28.890.286	\$ 29.968.231	\$ 31.086.395	
Impuesto al carbón		\$ 2.572.201	\$ 2.668.174	\$ 2.767.728	\$ 4.794.709	\$ 4.973.607	\$ 5.159.181	
O&M planta de carbon		\$ 4.274.490	\$ 4.433.978	\$ 4.599.417	\$ 7.967.859	\$ 8.265.153	\$ 8.573.540	
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$	19.695.000						
Total Ingresos	\$	19.695.000	\$ 30.980.128	\$ 32.014.474	\$ 32.397.243	\$ 50.650.757	\$ 51.811.056	\$ 53.690.036
EGRESOS								
Gastos Operativos - OPEX		\$ 442.154,09	\$ 458.651,59	\$ 475.764,64	\$ 824.196,93	\$ 854.949,07	\$ 886.848,63	
Costos de desmontaje plata termica	\$	50.000.000						
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon		\$ 71.202.261	\$ 73.858.935	\$ 76.614.734	\$ 132.724.510	\$ 137.676.680	\$ 142.813.624	
Costos de Inversión - CAPEX	\$	35.981.481,48	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Total Egresos	\$	85.981.481	\$ 71.644.415	\$ 74.317.587	\$ 77.090.499	\$ 133.548.707	\$ 138.531.629	\$ 143.700.473
EBITDA		-66.286.481,48	-40.664.287,03	-42.303.112,26	-44.693.255,36	-82.897.949,98	-86.720.572,73	-90.010.436,92
Porcentaje EBITDA			-131%	-132%	-138%	-164%	-167%	-168%
Depreciacion		\$ 6.700.000	\$ 6.700.000	\$ 6.700.000				
IVA	\$	2.481.481						
Impuesto de Renta		\$ 522.414	\$ 586.851	\$ 412.133	\$ 2.860.797	\$ 2.712.191	\$ 2.794.425	
Deducción de renta	\$	3.908.333	3.908.333	3.908.333				
ICA		\$ 8.635	\$ 8.835	\$ 8.353	\$ 8.998	\$ 8.604	\$ 8.871	
4*1000	\$	343.925,93	36.308	37.176	35.316	39.288	37.836	39.031
Flujo de Caja		-60.240.592,59	-45.139.976,57	-53.544.307,99	-51.849.057,53	-85.807.033,15	-89.479.203,57	-92.852.764,16
Flujo de Caja Descontado	#1:NUM!		#1:NUM!	#1:NUM!	#1:NUM!	#1:NUM!	#1:NUM!	#1:NUM!
Flujo de Caja Acumulado		-60.240.592,59	-105.380.569,16	-158.924.877,15	-210.773.934,69	-1.212.756.905,95	-1.302.236.109,52	-1.395.088.873,68

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.



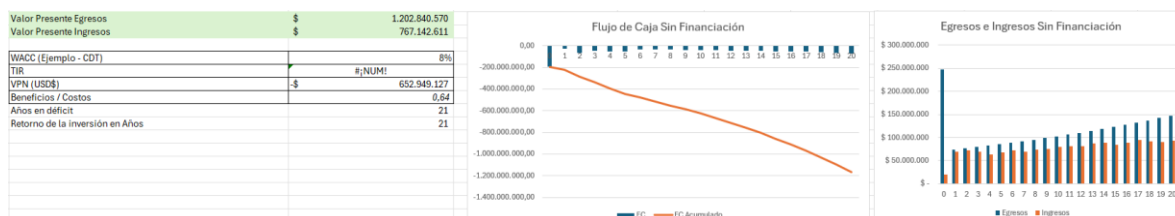
22. Modelo % generación 275_25%

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables	Valor de Referencia	Descripción
Radiación (Horas pico solar)	4,60	
Capacidad Instalada MW	275,00	
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8	
Generación (kWh/año) - Año 0	369.380.000	kWp * Radiación *365*FR*1000
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 184.250.000	
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 13.648.148	1,08
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 197.898.148	
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 1.883.750	
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 460.625	0,25%
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 2.344.375	
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677	
ICA municipio de Dibulla	0,0010	
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG	1.653.120	\$ 912.030.000 \$ 741.090.000
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t	6	
Porcentaje de generación	0,25	
Generación promedio carbon	1.546.000.000	O&M fijos (USD/MWh/año) 50.500
Capacidad de las unidades	300	O&M Variables (USD/MWh) 1,26
OPEX FIJO CARBON	15.150.000	
OPEX Variable CARBON	1.947.960	
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960	

	Anualidad	0	1	2	3	18	19	20
	Año	2026	2027	2028	2029	2044	2045	2046
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)			3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)			6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)			0%	0%	0%	0%	0%	0%
Degradación (Capacidad Nominal)			0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Precios tonelada de CO2			6,0	6,2	6,5	11,2	11,6	12,0
INGRESOS								
Generación (kWh/año)			368.271.860	367.167.044	366.065.543	349.934.069	348.884.267	347.837.614
Tarifa (USD \$/kWh)	Fuente: Comparación tecnologías SMR	\$	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11
Venta de Energía solar		\$	39.292.738	40.115.674	37.432.108	40.232.413	37.995.513	39.389.262
Reducción de Emisiones		\$	1.495.920	1.547.080	1.599.990	2.649.619	2.740.236	2.833.951
Cargo por Confiabilidad Solar		\$	6.702.548	6.931.773	6.910.978	6.606.430	6.586.611	6.566.851
Consumo de carbón		\$	15.498.673	16.076.954	16.676.811	28.890.286	29.968.231	31.086.395
Impuesto al carbón		\$	2.572.201	2.668.174	2.767.728	4.794.709	4.973.607	5.159.181
O&M planta de carbon		\$	4.274.490	4.433.978	4.599.417	7.967.859	8.265.153	8.573.540
Valor de Salvamento Equipos Termicos	\$	19.695.000						
Total Ingresos	\$	19.695.000	\$ 69.836.570	\$ 71.773.633	\$ 69.987.033	\$ 91.141.317	\$ 90.529.351	\$ 93.609.179
EGRESOS								
Gastos Operativos - OPEX			2.431.847,50	2.522.583,74	2.616.705,50	4.533.083,09	4.702.219,90	4.877.667,49
Costos de desmontaje plata termica	50.000.000							
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon		\$	71.202.261	73.858.935	76.614.734	132.724.510	137.676.680	142.813.624
Costos de Inversión - CAPEX	\$	197.898.148,15	\$ -	-	-	-	-	-
Total Egresos	\$	247.898.148	\$ 73.634.109	\$ 76.381.519	\$ 79.231.439	\$ 137.257.593	\$ 142.378.900	\$ 147.691.292
EBITDA		-228.203.148,15	-3.797.538,65	-4.607.885,77	-9.244.406,61	-46.116.275,85	-51.849.549,22	-54.082.112,38
Porcentaje EBITDA			-5%	-6%	-13%	-51%	-57%	-58%
Depreciacion		\$	36.850.000	36.850.000	36.850.000			
IVA	\$	13.648.148						
Impuesto de Renta	\$		2.873.276	3.227.680	2.266.730	15.734.383	14.917.049	15.369.339
Deducción de renta	\$	21.495.833	21.495.833	21.495.833				
ICA			47.491	48.595	45.943	49.488	47.322	48.790
4*1000	\$	991.592,59	199.692	204.468	194.239	216.086	208.098	214.671
Flujo de Caja		-194.050.759,26	-28.413.831,11	-66.434.462,30	-48.601.318,56	-62.116.233,32	-67.022.018,84	-69.714.912,20
Flujo de Caja Descontado	#¡NUM!		#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!
Flujo de Caja Acumulado		-194.050.759,26	-222.464.590,37	-288.899.052,66	-337.500.371,22	-1.031.725.008,69	-1.098.747.027,54	-1.168.461.939,74

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.

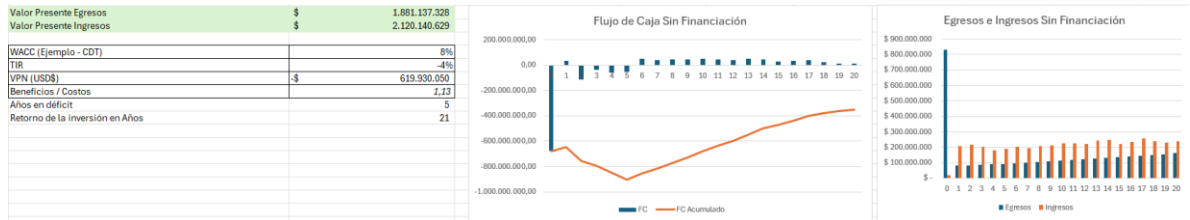


23. Modelo % generación 1088_25%

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN				
Variables	Valor de Referencia	Descripción		
Radiación (Horas pico solar)	4,60			
Capacidad Instalada MW	1088,00			
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8			
Generación (kWh/año) - Año 0	1.461.401.600	kWp * Radiación * 365 * FR * 1000		
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 728.960.000			
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 53.997.037	1,08		
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 782.957.037			
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 7.452.800			
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 1.822.400	0,25%		
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 9.275.200			
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677			
ICA municipio de Dibulla	0,0010			
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh		
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG	1.653.120	\$ 912.030.000 \$ 741.090.000 \$ 1.653.120.000		
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t	6			
Porcentaje de generación	0,25			
Generación promedio carbon	1.546.000.000	O&M Fijos (USD/MWh/año) 50.000		
Capacidad de las unidades	300	O&M Variables (USD/MWh) 1,28		
OPEX FIJO CARBON	15.150.000			
OPEX Variable CARBON	1.947.960			
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960			

Anualidad	0	1	2	3	18	19	20
Año	2026	2027	2028	2029	2044	2045	2046
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Precios tonelada de CO2		6,0	6,2	6,5	11,2	11,6	12,0
INGRESOS							
Generación (kWh/año)		1.457.017.395	1.452.646.343	1.448.288.404	1.384.466.425	1.380.313.026	1.376.172.087
Tarifa (USD \$/kWh)	Fuente: Comparación tecnologías SMR	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,10	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,11
Venta de Energía solar		\$ 155.456.362	\$ 158.712.193	\$ 148.095.032	\$ 159.174.055	\$ 150.324.066	\$ 155.839.243
Reducción de Emisiones		\$ 5.918.405	\$ 6.120.812	\$ 6.330.142	\$ 10.482.858	\$ 10.841.368	\$ 11.212.140
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 26.517.717	\$ 27.424.615	\$ 27.342.341	\$ 26.137.441	\$ 26.059.029	\$ 25.980.852
Consumo de carbón		\$ 15.498.673	\$ 16.076.954	\$ 16.676.811	\$ 28.890.286	\$ 29.968.231	\$ 31.086.395
Impuesto al carbón		\$ 2.572.201	\$ 2.668.174	\$ 2.767.728	\$ 4.794.709	\$ 4.973.607	\$ 5.159.181
O&M planta de carbon		\$ 4.274.490	\$ 4.433.978	\$ 4.599.417	\$ 7.967.859	\$ 8.265.153	\$ 8.573.540
Valor de Salvamento Equipos Térmicos	\$	19.695.000					
Total Ingresos	\$	19.695.000	210.237.846	215.436.726	205.811.473	237.447.208	230.431.454
EGRESOS							
Gastos Operativos - OPEX	\$	9.621.273,02	9.980.258,59	10.352.638,50	17.934.525,11	18.603.691,83	19.297.826,27
Costos de desmontaje plata termica	\$	50.000.000					
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon	\$	71.202.261	73.858.935	76.614.734	132.724.510	137.676.680	142.813.624
Costos de Inversión - CAPEX	\$	782.957.037,04	-	-	-	-	-
Total Egresos	\$	832.957.037	80.823.534	83.839.194	86.967.372	150.659.035	156.280.372
EBITDA		-813.262.037,04	129.414.312,16	131.597.532,60	118.844.100,22	86.788.173,31	74.151.082,39
Porcentaje EBITDA			62%	61%	58%	37%	32%
Depreciación	\$	145.792.000	145.792.000	145.792.000			
IVA	\$	53.997.037					
Impuesto de Renta	\$	11.367.723	12.769.877	8.968.007	62.250.940	59.017.270	60.806.693
Deducción de renta	\$	85.045.333	85.045.333	85.045.333			
ICA	\$	187.892	192.258	181.768	195.794	187.224	193.031
4*1000	\$	3.331.828,15	790.055	808.952	854.916	823.313	849.316
Flujo de Caja		-677.551.494,81	32.023.307,84	-113.010.886,52	-36.866.155,05	23.486.523,41	14.123.275,30
Flujo de Caja Descontado		-677.551.494,81	33.433.466,09	-123.182.980,22	-41.954.010,55	51.014.374,01	32.027.605,02
Flujo de Caja Acumulado		-677.551.494,81	-645.528.186,98	-758.539.073,50	-795.405.228,55	-377.596.419,92	-363.473.144,62

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.

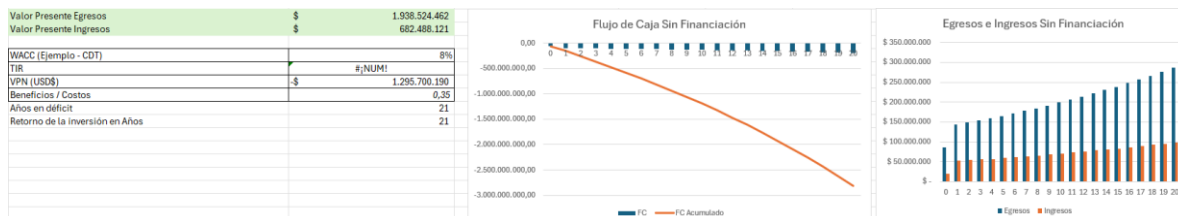


24. Modelo % generación 50_50%

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables		Valor de Referencia		Descripción					
Radiación(Horas pico solar)		4,60							
Capacidad Instalada MW		50,00							
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)		0,8							
Generación (kWh/año) - Año 0		67.160.000		kWp * Radiación *365*FR*1000					
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA		\$ 33.500.000							
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)		\$ 2.481.481		1,08					
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido		\$ 35.981.481							
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0		\$ 342.500							
Seguros (USD \$/año) - Año 0		\$ 83.750		0,25%					
OPEX TOTAL SOLAR		\$ 426.250							
Factor de Emision Ton/MWh		0,677							
ICA municipio de Dibulla		0,0010							
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD		18,2		18USD/MWh					
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG		1.653.120				\$ 912.030.000	\$ 741.090.000	\$ 1.653.120.000	
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t		6							
Porcentaje de generacion		0,50							
Generacion promedio carbon		1.546.000.000				O&M Ejes (USD/MW_año)	50.500		
Capacidad de las unidades		300				O&M Variables (USD/MWh)	1,26		
OPEX FIJO CARBON		15.150.000							
OPEX Variable CARBON		1.947.960							
OPEX ANUAL CARBON		17.097.960							
Anualidad Año		0 2026	1 2027	2 2028	3 2029	18 2044	19 2045	20 2046	
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)			3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evtoli - 1,7 x Inflación)			6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)			0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Degradación (Capacidad Nominal)			0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Precios tonelada de CO2			6,0	6,2	6,5	11,2	11,6	12,0	
INGRESOS									
Generación (kWh/año)			66.958.520	66.757.644	66.557.372	63.624.376	63.433.503	63.243.203	
Tarifa (USD \$/kWh)		Fuente: Comparación tecnologías SMR	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,10	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,11	\$ 0,11
Venta de Energía solar			\$ 7.144.134	\$ 7.293.759	\$ 6.805.838	\$ 7.314.984	\$ 6.908.275	\$ 7.161.684	
Reducción de Emisiones			\$ 271.986	\$ 281.287	\$ 290.907	\$ 481.749	\$ 498.225	\$ 515.264	
Cargo por Confiabilidad Solar			\$ 1.218.645	\$ 1.260.322	\$ 1.256.541	\$ 1.201.169	\$ 1.197.566	\$ 1.193.973	
Consumo de carbón			\$ 30.997.345	\$ 32.153.907	\$ 33.353.623	\$ 57.780.573	\$ 59.936.461	\$ 62.172.789	
Impuesto al carbón			\$ 5.144.402	\$ 5.336.348	\$ 5.535.456	\$ 9.589.418	\$ 9.947.215	\$ 10.318.362	
O&M planta de carbon			\$ 8.548.980	\$ 8.867.957	\$ 9.198.835	\$ 15.935.718	\$ 16.530.306	\$ 17.147.079	
Valor de Salvamento Equipos Termicos		\$ 19.695.000							
Total Ingresos		\$ 19.695.000	\$ 53.325.492	\$ 55.193.580	\$ 56.441.200	\$ 92.303.611	\$ 95.018.047	\$ 98.509.152	
EGRESOS									
Gastos Operativos - OPEX		\$ 50.000.000	\$ 442.154,09	\$ 458.651,59	\$ 475.764,64	\$ 824.196,93	\$ 854.949,07	\$ 886.848,63	
Costos de desmontaje plata termica									
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon			\$ 142.404.523	\$ 147.717.870	\$ 153.229.468	\$ 265.449.019	\$ 275.353.360	\$ 285.627.248	
Costos de Inversión - CAPEX		\$ 35.981.481,48	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Total Egresos		\$ 85.981.481	\$ 142.846.677	\$ 148.176.522	\$ 153.705.232	\$ 266.273.216	\$ 276.208.309	\$ 286.514.097	
EBITDA		\$ -66.286.481,48	\$ -89.521.184,82	\$ -92.982.941,51	\$ -97.264.032,67	\$ -173.969.605,31	\$ -181.190.261,79	\$ -188.004.945,96	
Porcentaje EBITDA			-168%	-168%	-172%	-188%	-191%	-191%	
Depreciacion			\$ 6.700.000	\$ 6.700.000	\$ 6.700.000				
IVA		\$ 2.481.481							
Impuesto de Renta			\$ 522.414	\$ 586.851	\$ 412.133	\$ 2.860.797	\$ 2.712.191	\$ 2.794.425	
Deducción de renta		\$ 3.908.333	\$ 3.908.333	\$ 3.908.333					
ICA			\$ 8.635	\$ 8.835	\$ 8.353	\$ 8.998	\$ 8.604	\$ 8.871	
4*1000		\$ 343.925,93	\$ 36.308	\$ 37.176	\$ 35.316	\$ 39.288	\$ 37.836	\$ 39.031	
Flujo de Caja		\$ -60.240.592,59	\$ -93.996.874,36	\$ -104.224.137,24	\$ -104.419.834,84	\$ -176.878.688,49	\$ -183.948.892,63	\$ -190.847.273,20	
Flujo de Caja Descontado		#jNUM!	#jNUM!	#jNUM!	#jNUM!	#jNUM!	#jNUM!	#jNUM!	
Flujo de Caja Acumulado		\$ -60.240.592,59	\$ -154.237.466,95	\$ -258.461.604,19	\$ -362.881.439,03	\$ -2.435.238.122,41	\$ -2.619.187.015,04	\$ -2.810.034.288,28	

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.

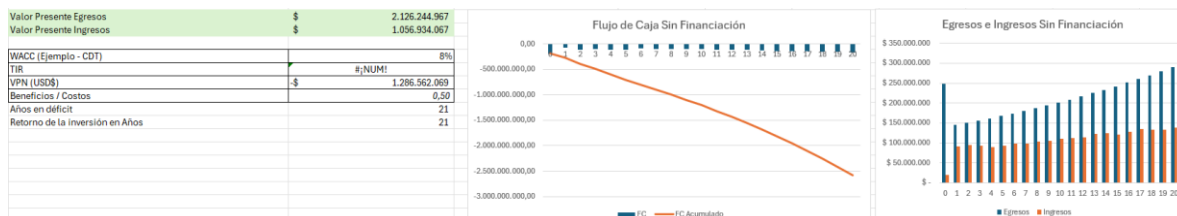


25. Modelo % generación 275_50%

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables	Valor de Referencia	Descripción
Radiación(Horas pico solar)	4,60	
Capacidad Instalada MW	275,00	
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8	
Generación (kWh/año) - Año 0	369.380.000	kWp * Radiación *365*FR*1000
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 184.250.000	
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 13.648.148	1,08
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 197.898.148	
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 1.883.750	
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 460.625	0,25%
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 2.344.375	
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677	
ICA municipio de Dibulla	0,0010	
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG	1.653.120	\$ 912.030.000 \$ 741.090.000 \$ 1.653.120.000
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t	6	
Porcentaje de generación	0,50	
Generación promedio carbon	1.546.000.000	O&M fijos (USD/MWh/año) 50.500
Capacidad de las unidades	300	O&M Variables (USD/MWh) 1,26
OPEX FIJO CARBON	15.150.000	
OPEX Variable CARBON	1.947.960	
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960	
Anualidad Año	0 2026	1 2027 2 2028 3 2029 18 2044 19 2045 20 2046
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73% 3,73% 3,73% 3,73% 3,73% 3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34% 6,34% 6,34% 6,34% 6,34% 6,34%
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0% 0% 0% 0% 0% 0%
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3% 0,3% 0,3% 0,3% 0,3% 0,3%
Precios toneladas de CO2		6,0 6,2 6,5 11,2 11,6 12,0
INGRESOS		
Generación (kWh/año)		368.271.860 367.167.044 366.065.543 349.934.069 348.884.267 347.837.614
Tarifa (USD \$/kWh)	Fuente: Comparación tecnologías SMR	\$ 0,11 \$ 0,11 \$ 0,10 \$ 0,11 \$ 0,11 \$ 0,11
Venta de Energía solar		\$ 39.292.738 \$ 40.115.674 \$ 37.432.108 \$ 40.232.413 \$ 37.995.513 \$ 39.389.262
Reducción de Emisiones		\$ 1.495.920 \$ 1.947.080 \$ 1.599.990 \$ 2.649.619 \$ 2.740.236 \$ 2.833.951
Cargo por Confiabilidad Solar		\$ 6.702.548 \$ 6.931.773 \$ 6.910.978 \$ 6.606.430 \$ 6.586.611 \$ 6.566.851
Consumo de carbón		\$ 30.997.345 \$ 32.153.907 \$ 33.353.623 \$ 57.780.573 \$ 59.936.461 \$ 62.172.789
Impuesto al carbón		\$ 5.144.402 \$ 5.336.348 \$ 5.535.456 \$ 9.589.418 \$ 9.947.215 \$ 10.318.362
O&M planta de carbon		\$ 8.548.980 \$ 8.867.957 \$ 9.198.835 \$ 15.935.718 \$ 16.530.306 \$ 17.147.079
Valor de Salvamento Equipos Termicos		\$ 19.695.000
Total Ingresos		\$ 19.695.000 \$ 92.181.934 \$ 94.952.739 \$ 94.030.989 \$ 132.794.171 \$ 133.736.342 \$ 138.428.294
EGRESOS		
Gastos Operativos - OPEX		\$ 2.431.847,50 \$ 2.522.583,74 \$ 2.616.705,50 \$ 4.533.083,09 \$ 4.702.219,90 \$ 4.877.667,49
Costos de desmontaje plata termica		\$ 50.000.000
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energía con carbon		\$ 142.404.523 \$ 147.717.870 \$ 153.229.468 \$ 265.449.019 \$ 275.353.360 \$ 285.627.248
Costos de Inversión - CAPEX		\$ 197.898.148,15 \$ - \$ - \$ - \$ - \$ -
Total Egresos		\$ 247.898.148 \$ 144.836.370 \$ 150.240.454 \$ 155.846.173 \$ 269.982.102 \$ 280.055.580 \$ 290.504.916
EBITDA		-228.203.148,15 -52.654.436,44 -55.287.715,03 -61.815.183,91 -137.187.931,19 -146.319.238,28 -152.076.621,42
Porcentaje EBITDA		-57% -58% -66% -103% -109% -110%
Depreciacion IVA		\$ 36.850.000 \$ 36.850.000 \$ 36.850.000
Impuesto de Renta		\$ 2.873.276 \$ 3.227.680 \$ 2.266.730 \$ 15.734.383 \$ 14.917.049 \$ 15.369.339
Deducción de renta ICA		\$ 21.495.833 \$ 21.495.833 \$ 45.943 \$ 49.488 \$ 47.322 \$ 48.790
4*1000		\$ 991.592,59 \$ 199.692 \$ 204.468 \$ 194.239 \$ 216.086 \$ 208.098 \$ 214.671
Flujo de Caja		-194.050.759,26 -77.270.728,89 -117.114.291,55 -101.172.095,86 -153.187.888,65 -161.491.707,91 -167.709.421,24
Flujo de Caja Descontado		#NUM! #NUM! #NUM! #NUM! #NUM! #NUM! #NUM!
Flujo de Caja Acumulado		-194.050.759,26 -271.321.488,15 -388.435.779,70 -489.607.875,56 -2.254.206.225,15 -2.415.697.933,06 -2.583.407.354,30

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.



26. Modelo % generación 1088_50%

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SOLAR - IMPUESTOS Y DEPRECIACIÓN

Variables	Valor de Referencia	Descripción
Radiación(Horas pico solar)	4,60	
Capacidad Instalada MW	1088,00	
Factor de rendimiento (Performance Ratio - PR)	0,8	
Generación (kWh/año) - Año 0	1.461.401.600	kWp * Radiación *365*FR*1000
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) Antes de IVA	\$ 728.960.000	
IVA del Proyecto - (Estimado entre bienes exentos y gravados - 8%)	\$ 53.997.037	1,08
Costos de Inversión - CAPEX TOTAL (USD \$) IVA Incluido	\$ 782.957.037	
Gastos Operativos - OPEX (USD \$) - Año 0	\$ 7.452.800	
Seguros (USD \$/año) - Año 0	\$ 1.822.400	0,25%
OPEX TOTAL SOLAR	\$ 9.275.200	
Factor de Emisión Ton/MWh	0,677	
ICA municipio de Dibulla	0,0010	
Referente valor cargo por confiabilidad solar USD	18,2	18USD/MWh
Emisiones de CO2 en toneladas - carbon TEG	1.653.120	
Valor Impuesto al carbono/Emisiones CO2 t	6	
Porcentaje de generación	0,50	
Generación promedio carbon	1.546.000.000	O&M Fijos (USD/MWh/año) 50.500
Capacidad de las unidades	300	O&M Variables (USD/MWh) 1,26
OPEX FIJO CARBON	15.150.000	
OPEX Variable CARBON	1.947.960	
OPEX ANUAL CARBON	17.097.960	
Anualidad Año	0 2026	1 2027
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34%
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0%
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%
Precios tonelada de CO2		6,0
INGRESOS		2 2028
Generación (kWh/año)		1.457.017.395
Tarifa (USD \$/kWh)		0,11
Venta de Energía solar		155.456.362
Reducción de Emisiones		5.918.405
Cargo por Confiabilidad Solar		26.517.717
Consumo de carbón		30.997.345
Impuesto al carbón		5.144.402
O&M planta de carbon		8.548.980
Valor de Salvamento Equipos Termicos		19.695.000
Total Ingresos		232.583.210
EGRESOS		3 2029
Gastos Operativos - OPEX		9.621.273,02
Costos de desmontaje planta termica		50.000.000
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon		142.404.523
Costos de Inversión - CAPEX		782.957.037,04
Total Egresos		152.025.796
EBITDA		80.557.414,37
Porcentaje EBITDA		35%
Depreciacion IVA		145.792.000
Impuesto de Renta		11.367.723
Deducción de renta		85.045.333
ICA		187.892
4*1000		790.055
Flujo de Caja		-677.551.494,81
Flujo de Caja Descontado		-16.833.589,95
Flujo de Caja Acumulado		-677.551.494,81

	4 2030	5 2031	6 2032	7 2033	8 2034	9 2035	10 2036	11 2037	12 2038	13 2039	14 2040	15 2041	16 2042	17 2043	18 2044	19 2045	20 2046
Variación IPC - Inflación (Fuente: Bancolombia)		3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%	3,73%
Incremento Tarifario (Fuente: Estimación Evolti - 1,7 x Inflación)		6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%	6,34%
Reducción de Generación - PR (Energía Entregada / Energía Producida)		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Degradación (Capacidad Nominal)		0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Precios tonelada de CO2		6,0	6,2	6,5	11,2	11,6	12,0										
INGRESOS		1.457.017.395	1.452.646.343	1.448.288.404	1.384.466.425	1.380.313.026	1.376.172.087										
Tarifa (USD \$/kWh)		0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11										
Venta de Energía solar		155.456.362	158.712.193	148.095.032	159.174.055	150.324.066	155.838.243										
Reducción de Emisiones		5.918.405	6.120.812	6.330.142	10.462.858	10.841.368	11.212.140										
Cargo por Confiabilidad Solar		26.517.717	27.424.615	27.342.341	26.137.441	26.059.029	25.980.852										
Consumo de carbón		30.997.345	32.153.907	33.353.623	57.780.573	59.936.461	62.172.789										
Impuesto al carbón		5.144.402	5.336.348	5.535.456	9.589.418	9.947.215	10.318.362										
O&M planta de carbon		8.548.980	8.867.957	9.198.835	15.935.718	16.530.306	17.147.079										
Valor de Salvamento Equipos Termicos		19.695.000															
Total Ingresos		19.695.000	232.583.210	238.615.832	229.855.429	279.100.062	273.638.445	282.669.466									
EGRESOS																	
Gastos Operativos - OPEX			9.621.273,02	9.980.258,59	10.352.638,50	17.934.525,11	18.603.691,83	19.297.626,27									
Costos de desmontaje planta termica		50.000.000															
Costo de Oportunidad - Ingresos perdidos por venta de energia con carbon			142.404.523	147.717.870	153.229.468	265.449.019	275.353.360	285.627.248									
Costos de Inversión - CAPEX		782.957.037,04															
Total Egresos		832.957.037	152.025.796	157.698.129	163.582.106	283.383.544	293.957.052	304.925.075									
EBITDA		-813.262.037,04	80.557.414,37	80.917.703,34	66.273.322,91	-4.283.482,03	-20.318.606,67	-22.255.608,76									
Porcentaje EBITDA			35%	34%	29%	-2%	-7%	-8%									
Depreciacion IVA			145.792.000	145.792.000	145.792.000												
Impuesto de Renta			11.367.723	12.769.877	8.968.007	62.250.940	59.017.270	60.806.693									
Deducción de renta			85.045.333	85.045.333													
ICA			187.892	192.258	181.768	195.794	187.224	193.031									
4*1000			790.055	808.952	768.481	854.916	823.313	849.316									
Flujo de Caja			-677.551.494,81	-16.833.589,95	-163.690.715,78	-89.436.932,35	-67.585.131,92	-80.346.413,77									
Flujo de Caja Descontado			#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!									
Flujo de Caja Acumulado			-677.551.494,81	-694.385.084,76	-858.075.800,54	-947.512.732,89	-1.600.077.636,38	-1.764.528.699,65									

MAESTRIA EN SOSTENIBILIDAD
TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS FOTOVOLTAICAS PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DE LA GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN COLOMBIA
APENDICE
Cárdenas, C., López, T., & Mancilla, D.

