

ExpoSolar[®] Colombia 2019

Julio
11 | Plaza Mayor
12 | Medellín
13 | Colombia



*Un espacio que permite el encuentro
entre la cadena de valor de la energía solar,
el sector financiero y los proyectos empresariales*

Energía renovable para todos

¿Podemos obtener el 100% de nuestra energía con Fuentes no Convencionales?



Ponente:

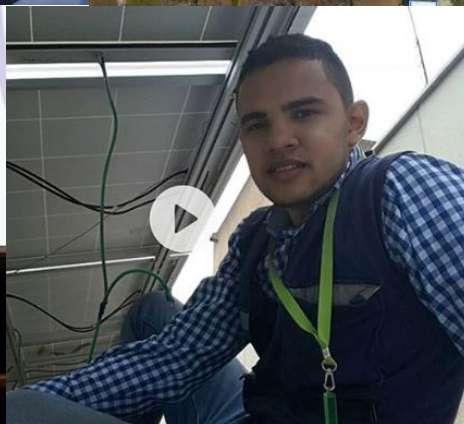
Carlos Julio Caicedo Sánchez

¿Podemos obtener el 100% de nuestra energía con
Fuentes no Convencionales?

Itinerario

1. Introducción
2. Definiciones
3. Panorama Mundial
4. Panorama Nacional
5. Límites técnicos y económicos en la integración de tecnologías Renovables.
6. Conclusiones

Antes de empezar...



¿Podemos obtener el 100% de nuestra energía con
Fuentes no Convencionales?

Itinerario

1. Introducción
2. Definiciones
3. Panorama Mundial
4. Panorama Nacional
5. Límites técnicos y económicos en la integración de
SDL en Colombia.
6. Conclusiones

Definiciones

Autogeneración. Aquella actividad realizada por personas naturales o jurídicas que producen energía eléctrica principalmente, para atender sus propias necesidades

Autogenerador a pequeña escala, AGPE. Autogenerador con potencia instalada igual o inferior al límite definido en el artículo primero de la Resolución UPME 281 de 2015

Exportación de energía. Cantidad de energía entregada a la red por un Autogenerador o un generador distribuido.

Importación de energía. Cantidad de energía eléctrica consumida de la red por un Autogenerador.

Definiciones

FNCER. Son las fuentes no convencionales de energía renovables tales como la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, la geotérmica, la solar y los mares.

Operador de Red (OR). Persona jurídica encargada de la planeación de la expansión, las inversiones, la operación y el mantenimiento de todo o parte de un STR o SDL, incluidas sus conexiones al STN.

Cargabilidad. Límite térmico dado en capacidad de corriente, para líneas de transporte de energía, transformadores, etc.

Confiabilidad: Esta relacionado con la continuidad del servicio cumpliendo los requerimientos de calidad y seguridad

Definiciones

Seguridad del sistema. La seguridad del servicio comprende; la seguridad inherente y la seguridad operativa. Esta última se regula mediante normas operativas.

ENFICC: Energía Firme para el Cargo por Confiabilidad.

Payback. o "plazo de recuperación" es un criterio estático de valoración de inversiones

Tasa Interna de Retorno: o tasa interna de rentabilidad (TIR) de una inversión es la medida de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión

¿Podemos obtener el 100% de nuestra energía con
Fuentes no Convencionales?

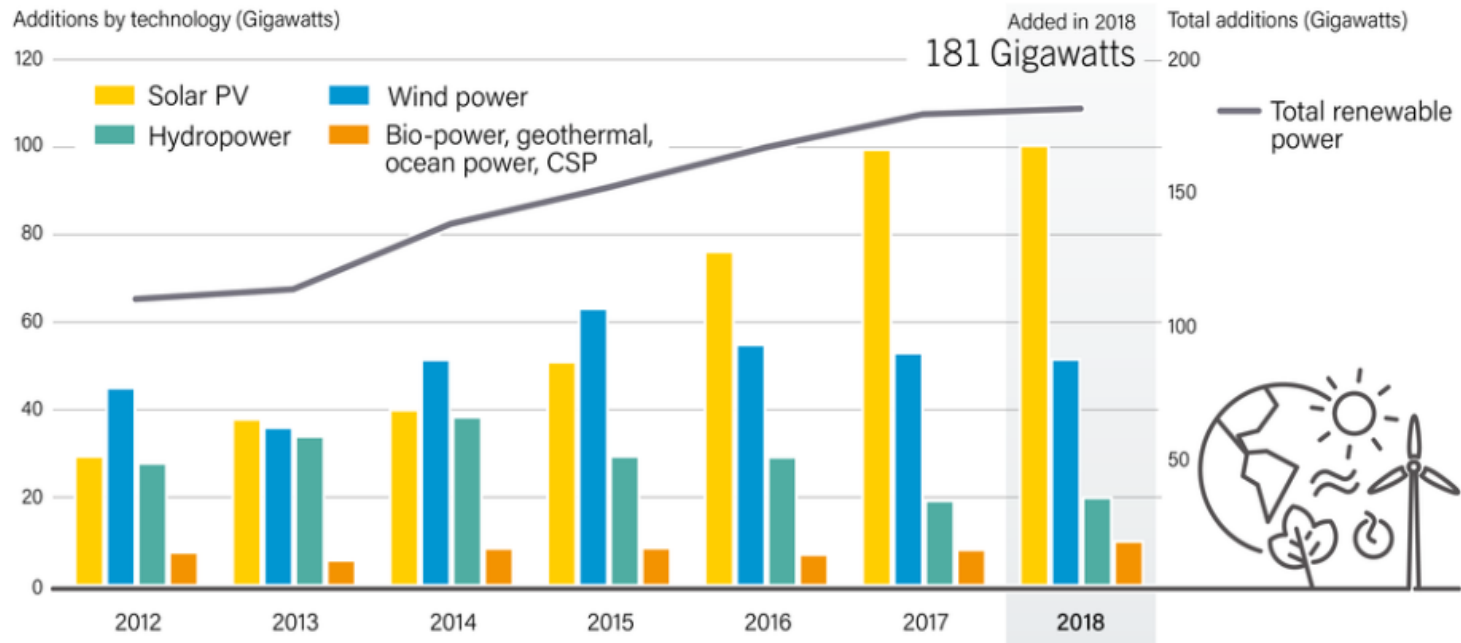
Itinerario

1. Introducción
2. Definiciones
3. Panorama Mundial
4. Panorama Nacional
5. Límites técnicos y económicos en la integración de
SDL en Colombia.
6. Conclusiones

Panorama Mundial

- Capacidad instalada a nivel global 2012-2018

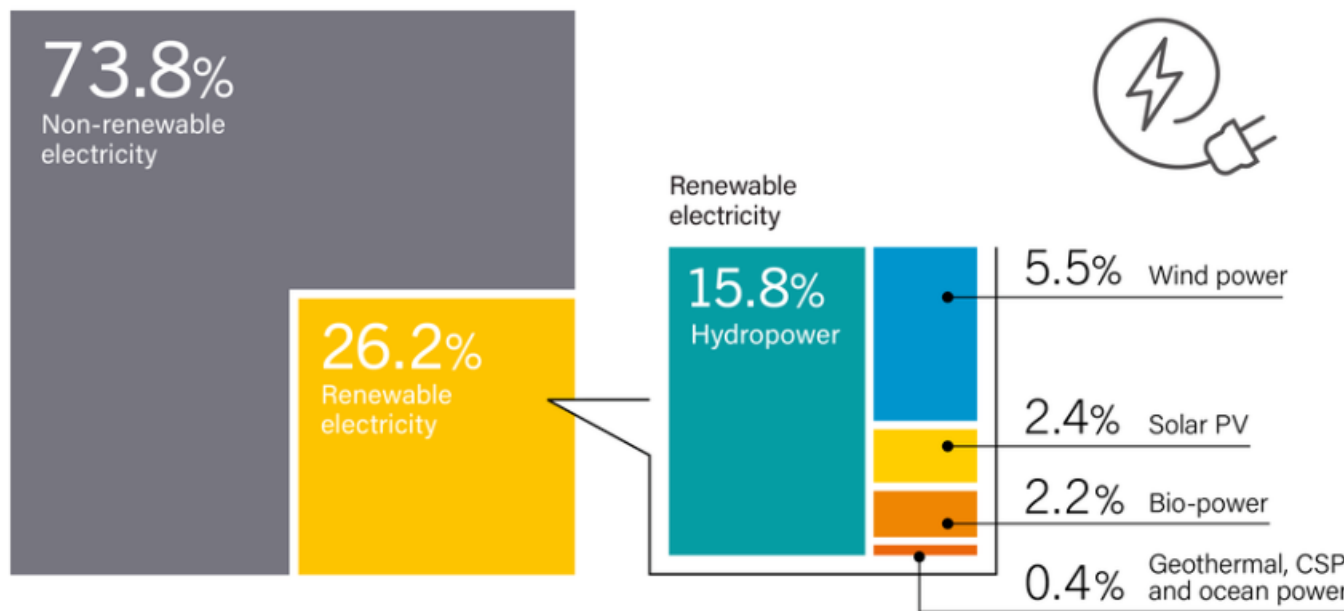
Annual Additions of Renewable Power Capacity, by Technology and Total, 2012-2018



Panorama Mundial

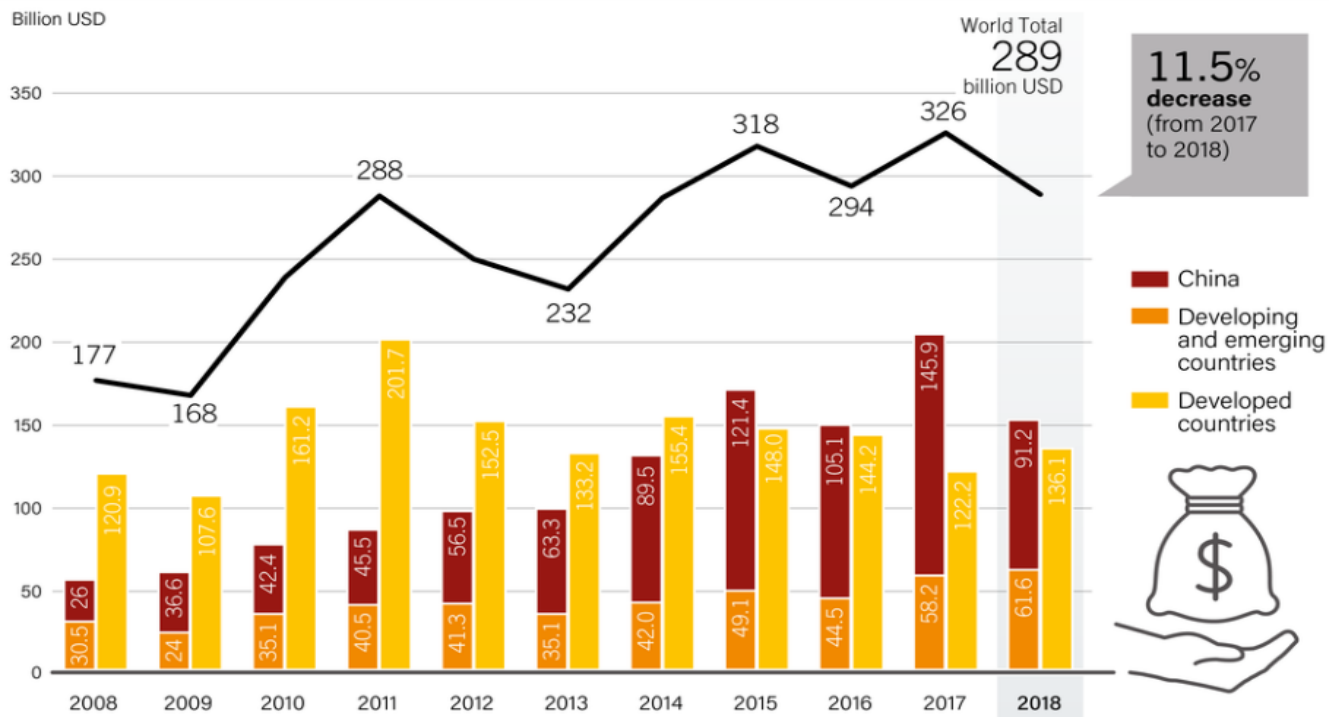
- Distribución energética a nivel global por fuentes Renovables

Estimated Renewable Energy Share of Global Electricity Production, End-2018



Panorama Mundial

- Inversión global en Energía Renovable



Panorama Mundial

- Empleabilidad (directa e indirectamente) del sector Renovables

	World	China	Brazil	United States	India	European Union ¹
Thousand jobs						
 Solar PV	3,605^o	2,194	15.6	225	115 ^k	96
 Liquid biofuels	2,063	51	832 ^g	311 ^h	35	208
 Hydropower ^a	2,054	308	203	66.5	347	74
 Wind power	1,160	510	34	114	58	314
 Solar thermal heating/cooling	801	670	41	12	20.7	24 ^m
 Solid biomass ^{b, c}	787	186		79 ⁱ	58	387
 Biogas	334	145		7	85	67
 Geothermal energy ^{b, d}	94	2.5		35 ^j		23
 Concentrating solar thermal power (CSP)	34	11		5		5
Total	10,983^l	4,078	1,125	855	719	1,235ⁿ

Panorama Mundial

- Empleabilidad (directa e indirectamente) del sector Renovables



GDP

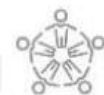
+ 1.0 %

+ 52 USD trillion

Almost 29 million
jobs in 2050



+ 15 %



Welfare

Panorama Mundial

- Convención Marco sobre el Cambio Climático



CONSILIUM
EUROPAEUM



ONE
UN ONE UNITED NATIONS
FOR CLIMATE ACTION



COP24 · KATOWICE 2018
UNITED NATIONS CLIMATE CHANGE CONFERENCE

¿Podemos obtener el 100% de nuestra energía con
Fuentes no Convencionales?

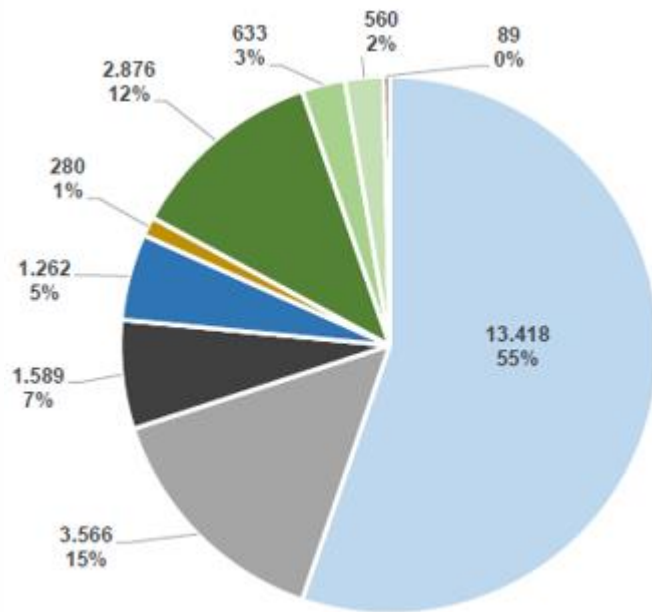
Itinerario

1. Introducción
2. Definiciones
3. Panorama Mundial
4. **Panorama Nacional**
5. Límites técnicos y económicos en la integración de
SDL en Colombia.
6. Conclusiones

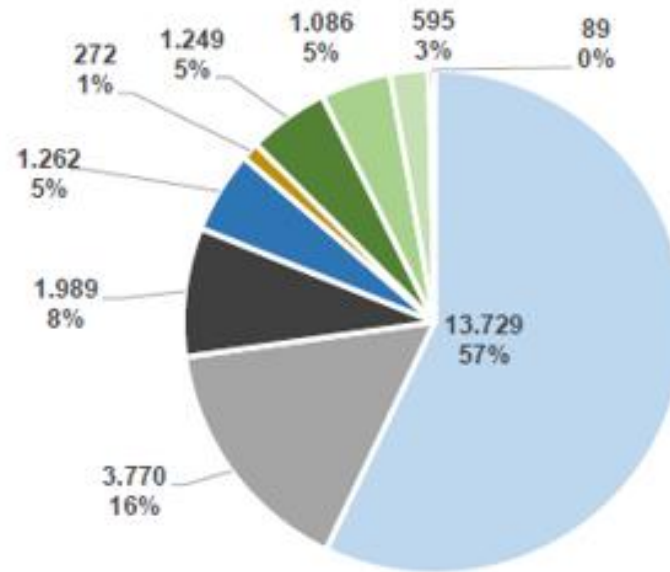
Panorama Colombia

- Plan de expansión GENERACIÓN – TRANSMISIÓN 2017 - 2031

Escenario 1



Escenario 2



- Hidráulica
- Gas
- Carbón
- Menores
- Cog-Biom
- Eólica
- Solar GE
- Solar D
- Otros

Panorama Colombia

- PROYECTOS FNCE CON CONCEPTO DE AVAL POR DEPARTAMENTO

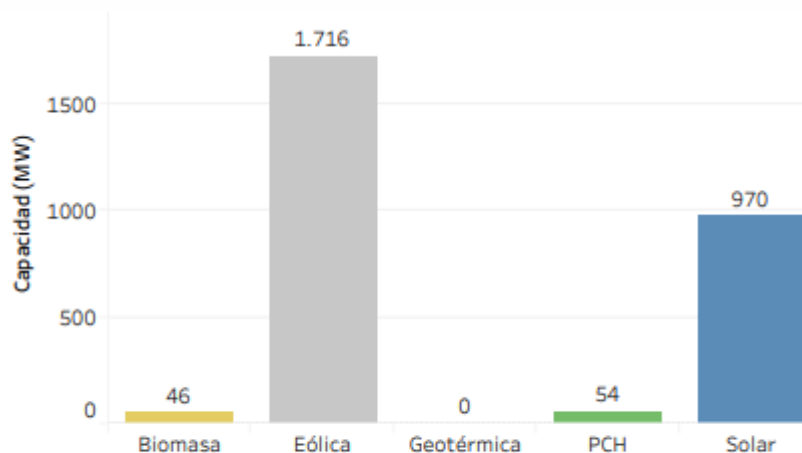


	No. Proyectos	Capacidad (MW)
Amazonas	1	0,002
Antioquia	49	43,403
Archipiélago de...	2	0,032
Atlántico	32	9,090
Bogotá D.C	38	2,811
Bolívar	12	16,728
Boyacá	9	183,444
Caldas	14	14,569
Caqueta	1	0,710
Casanare	6	1,281
Cauca	4	5,083
Cesar	9	486,238
Chocó	4	1,020
Córdoba	7	1,195
Cundinamarca	32	95,191
Guainía	2	2,860
Guaviare	2	0,946
Huila	26	1,225
La Guajira	13	1.716,195

Magdalena	7	20,556
Meta	7	20,490
Norte de Santa...	10	0,215
Putumayo	1	0,001
Quindío	4	4,653
Risaralda	16	0,763
Santander	29	81,105
Sucre	2	20,900
Tolima	20	1,883
Valle del Cauca	63	53,108
Vaupés	1	0,240
Vichada	2	0,638
Total general	425	2.786,577

Panorama Colombia

- INFORMACIÓN DE PROYECTOS FNCE CON CONCEPTO DE AVAL

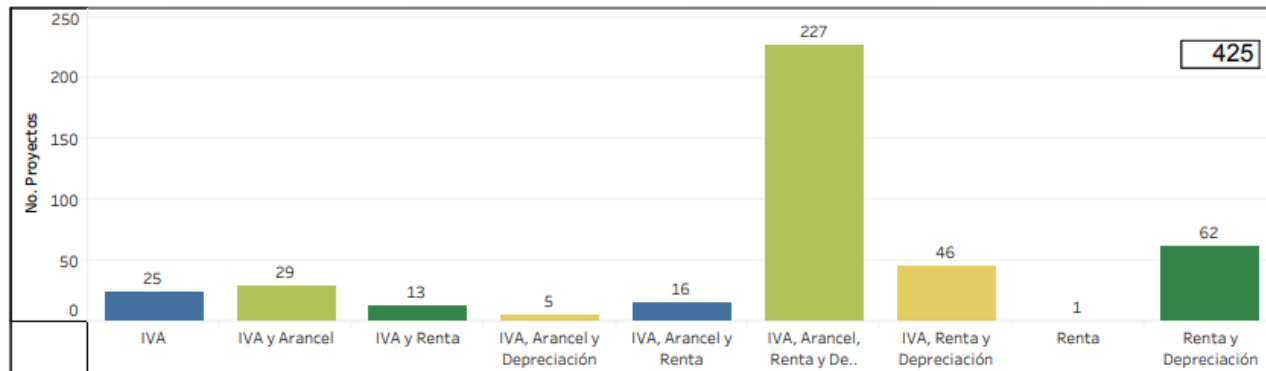


Mayo 31 de 2019

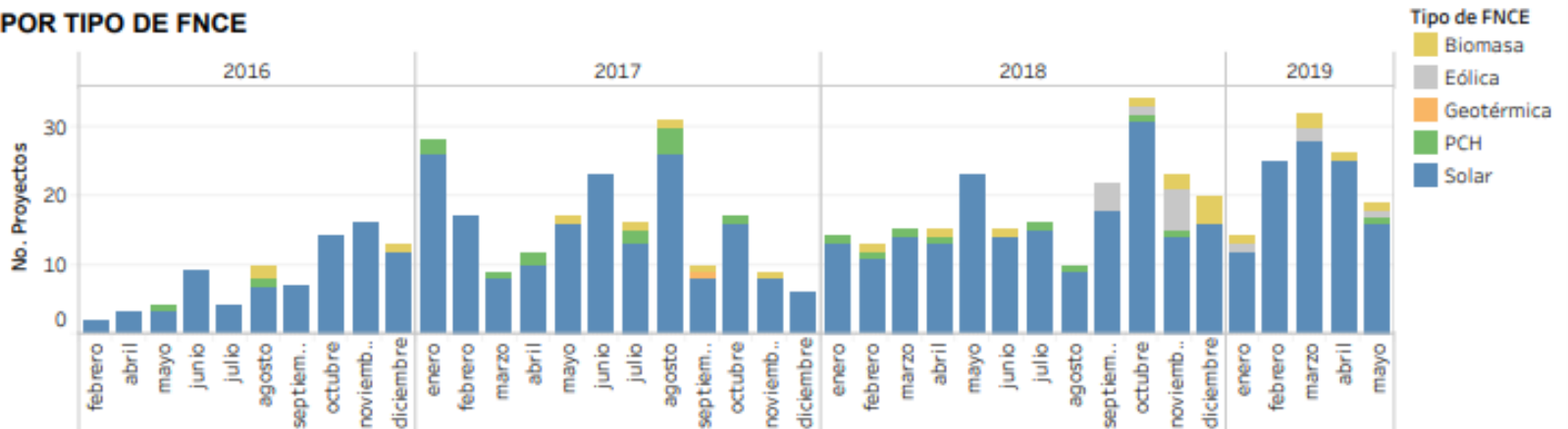
Intervalo Potencia	Tipo de FNCE	Capacidad Estimada (MW)	
Entre 0 - 0.1 MW	Geotérmica	0,012	1
	PCH	0,1	2
Entre 0.1 - 1 MW	Solar	7,808045	266
	Biomasa	3,8466	8
Entre 1-10 MW	Solar	30,622971	91
	Biomasa	7,4	3
	PCH	54,13	15
Entre 10-20 MW	Solar	24,32032	7
	Solar	149,1366	8
Entre 20-50 MW	Biomasa	35	1
	Eólica	20	1
	Solar	132	6
Entre 50-100 MW	Eólica	504	6
	Solar	326,2	4
Mayor a 100 MW	Eólica	1.192	5
	Solar	300	1
Total No. Proyectos			425

Panorama Colombia

- INFORMACIÓN DE PROYECTOS FNCE CON CONCEPTO DE AVAL



POR TIPO DE FNCE



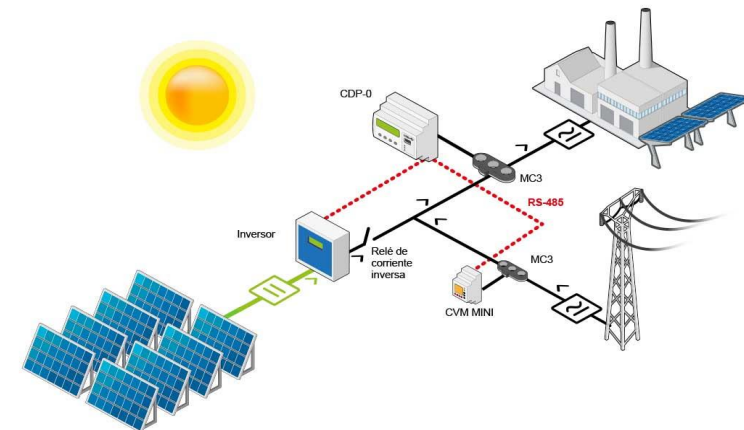
Panorama Colombia

- COSTOS DE INVERSIÓN DE LOS PROYECTOS POR TECNOLOGÍA

Costos de Inversión de los proyectos de generación candidatos (USD/KW)

Tecnologías	Promedio	Máximo	Mínimo
Hidroeléctricas	2,102	2,341	1,515
Térmicas Carbón	1,870	2,472	1,425
Térmicas Gas	1,151	1,213	1,090
Solar	1,107	1,417	838
Eólica	1,663	1,750	1,112
Geotérmica	3,587	3,587	3,587
Solar Distribuida	1,687	2,438	1,000
Biomasa	1,381	1,714	1,125

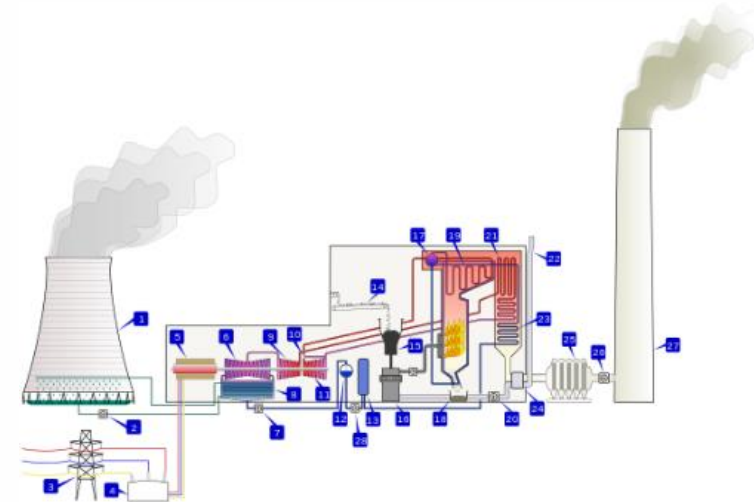
1.000 USD/kWp SFV



Panorama Colombia

- ENERGÍA EN FIRME, CARGO POR CONFIABILIDAD ENFICC

Escenario	Tecnología	Capacidad [MW]	ENFICC [GWh-Día]
ESC 2	Hidráulica	1566.0	14.02
	Carbón	400.0	7.10
	Gas	261	4.80
	Eólico	1231.0	3.83
	Solar	1085.7	1.83
	Solar Distribuido	595.1	0.96
	Biomasa	145.78	2.27
	Total	5284.6	34.8



Panorama Colombia

- SUBSIDIOS TRIBUTARIOS



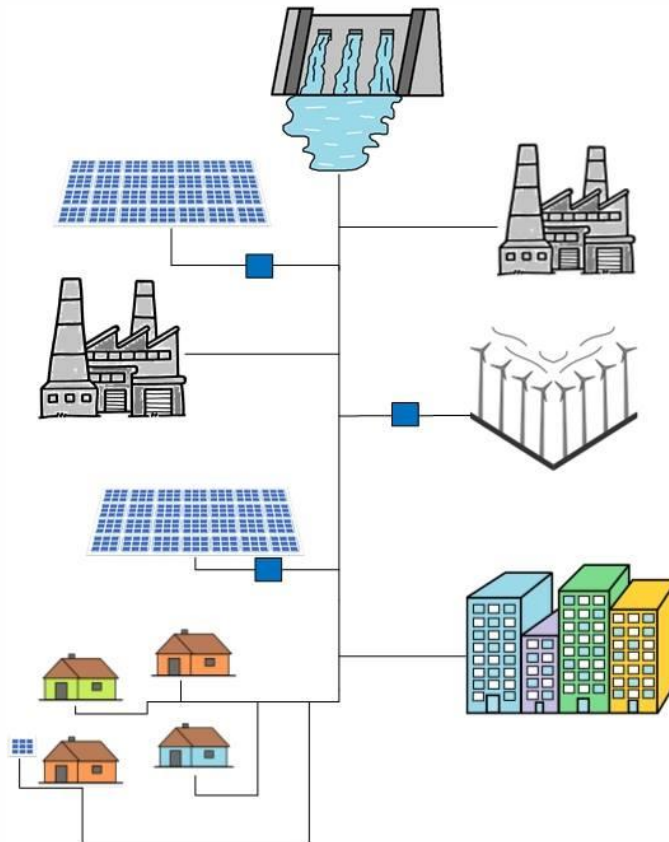
¿Podemos obtener el 100% de nuestra energía con
Fuentes no Convencionales?

Itinerario

1. Introducción
2. Definiciones
3. Panorama Mundial
4. Panorama Nacional
5. Límites técnicos y económicos en la integración de
SDL en Colombia.
6. Conclusiones

Límites técnicos y económicos en la integración de RD

- Sistema Interconectado Nacional (SIN) y Sistema de Transmisión Regional (STR)



Parámetros de interés

1. Perfil de tensión
2. Frecuencia
3. Condición de Isla
4. Calidad de la energía
5. Coordinación de protecciones
6. Corrientes de falla
7. Corrientes de corto circuito
8. Pérdidas de energía

Límites técnicos y económicos en la integración de RD

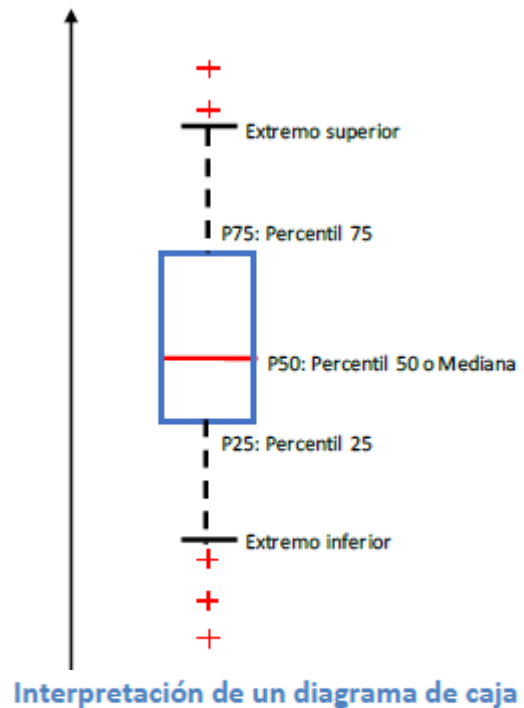
- Artículo 04 CREG 030 2018

GD y AGPE > 4% Demanda Comercial la CREG revisará y podrá modificar las condiciones de conexión y remuneración de las exportaciones.

4% Demanda C	Proyectos Registrados UPME	Exportación de Energía		
		10%	20%	30%
1.840 GWh/año	38 MW	14.153 MW	7.076 MW	4.717 MW

Límites técnicos y económicos en la integración de RD

- Circular 074 2018

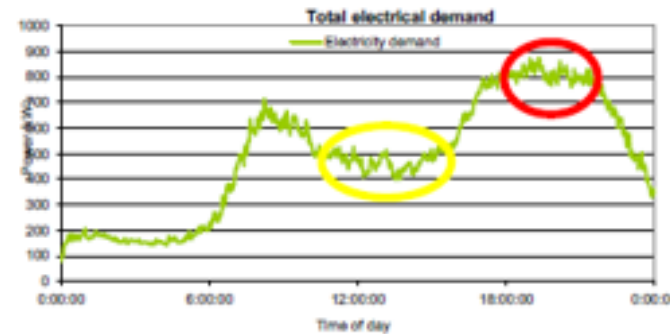
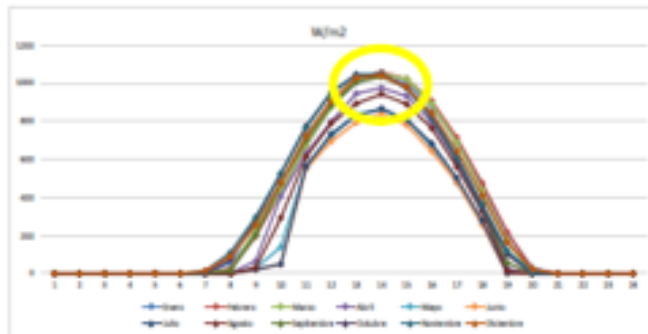


Atributos empleados para las redes de nivel 1

1. Clientes totales
2. Energía anual
3. Capacidad
4. Grupo calidad
5. Tipo de subestación
6. Consumo de energía estrato 1
7. Consumo de energía estrato 2
8. Consumo de energía estrato 3
9. Consumo de energía estrato 4
10. Consumo de energía estrato 5
11. Consumo de energía estrato 6
12. Consumo de energía industrial
13. Consumo de energía comercial
14. Consumo de energía oficial
15. Consumo de energía otros clientes

Límites técnicos y económicos en la integración de RD

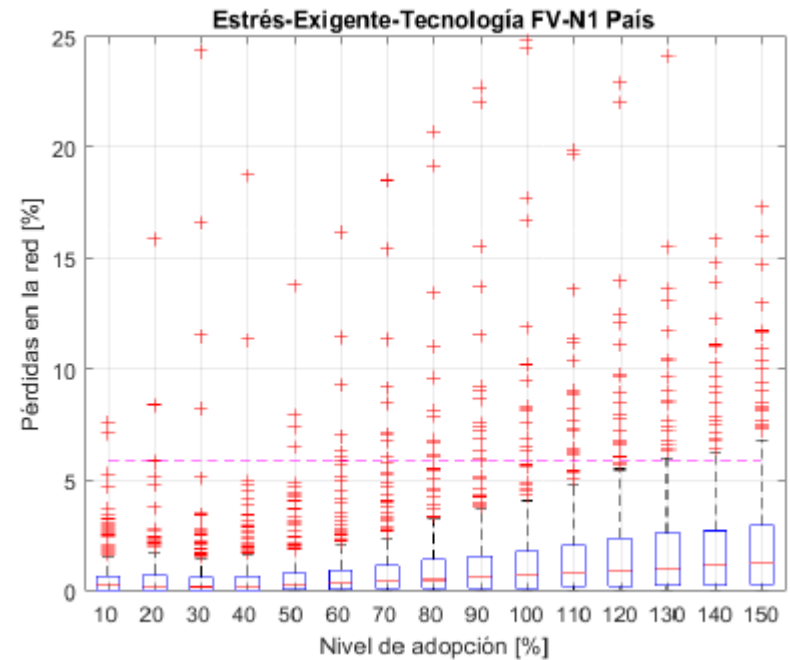
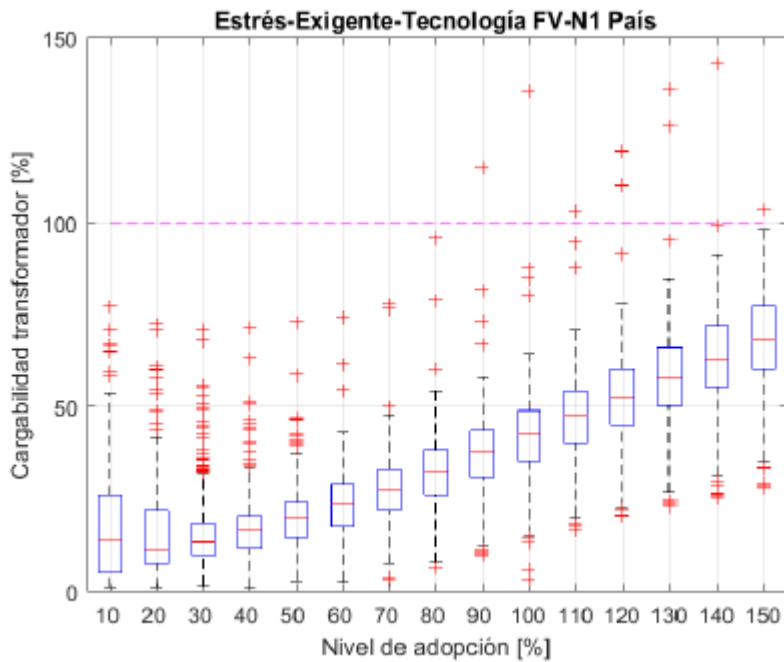
- Reparto de máxima exigencia



Fenómeno que se analiza	Indicador de seguimiento	Valor de referencia
Pérdidas de energía	Porcentaje de pérdidas técnicas	Valores de pérdidas reconocidos por la CREG
Cargabilidad de transformador	Porcentaje de cargabilidad del transformador	100%
Tensión en los nodos de la red	Porcentaje de nodos con problemas de tensión	0%

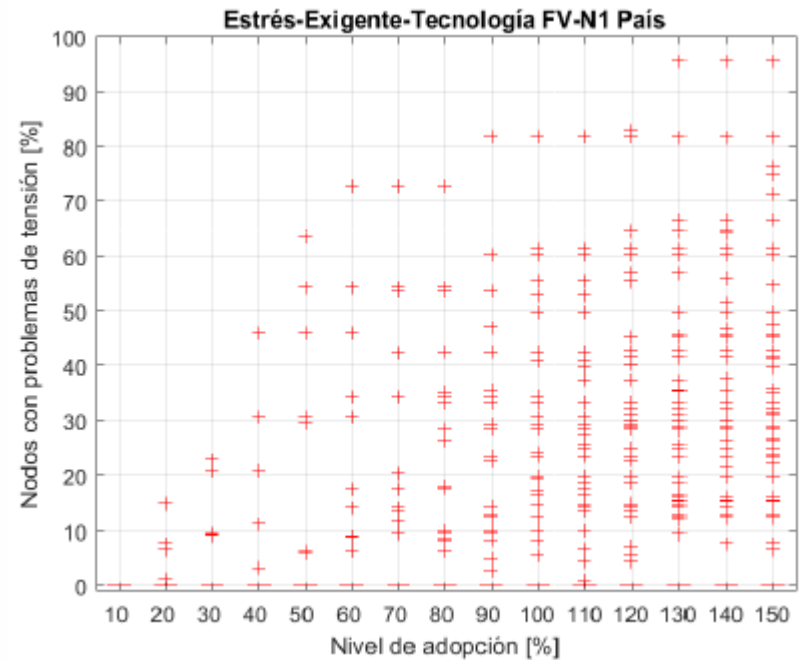
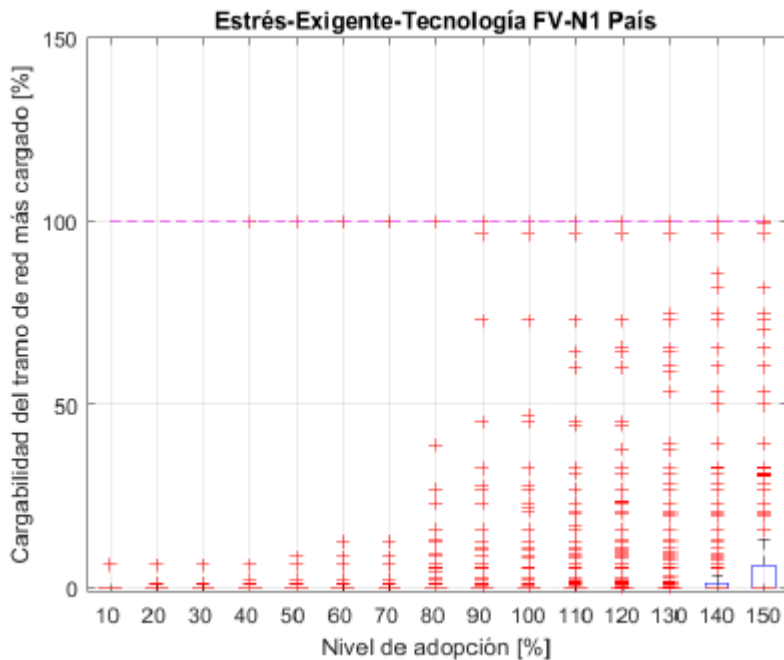
Límites técnicos y económicos en la integración de RD

- Reparto de máxima exigencia



Límites técnicos y económicos en la integración de RD

- Reparto de máxima exigencia



Límites técnicos y económicos en la integración de RD

- Reparto de máxima exigencia – Microdatos

1.1 Sistemas Fotovoltaicos

Adopción [%]	Cargabilidad [%]	Nodos [%]	Tramos [%]	Pérdidas [%]
0	12.40	0	0	0.87
10	7.08	0	0	0.63
20	1.79	0	0	1.04
30	3.94	0	0	0.93
40	9.09	0	0	0.82
50	14.23	0	0	0.95
60	19.31	0	0	1.28
70	24.34	0	0	1.69
80	29.36	0	0	2.00
90	34.40	0	0	2.17
100	39.41	0	0	2.36
110	44.37	0	0	2.69
120	49.30	0	0	3.09
130	54.24	0	0	3.40
140	59.23	0	1.45	3.57
150	64.19	0	1.45	3.76

1.2 Vehículos eléctricos

Adopción [%]	Cargabilidad [%]	Nodos [%]	Tramos [%]	Pérdidas [%]
0	15.56	0	0	1.07
10	22.66	0	0	1.74
20	31.40	0	0	2.50
30	42.43	0	0	3.52
40	52.82	6.38	0	4.44
50	64.51	10.64	0	5.75
60	76.28	12.77	6.20	6.75
70	87.87	27.66	14.50	8.20
80	101.08	38.30	18.28	9.98
90	113.45	40.43	21.80	11.39
100	132.84	46.81	24.80	16.56
110	119.84	44.68	25.04	13.55
120	159.03	46.81	31.59	21.58
130	161.51	46.81	31.59	25.87
140	173.91	46.81	28.05	16.16
150	186.11	48.94	34.09	17.83

Límites técnicos y económicos en la integración de RD

- Monetización de los beneficios y costos

I. Beneficio Pérdidas

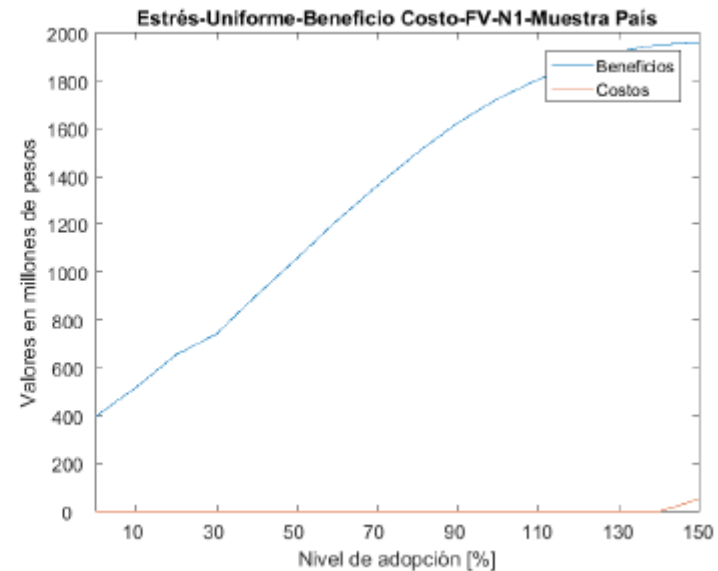
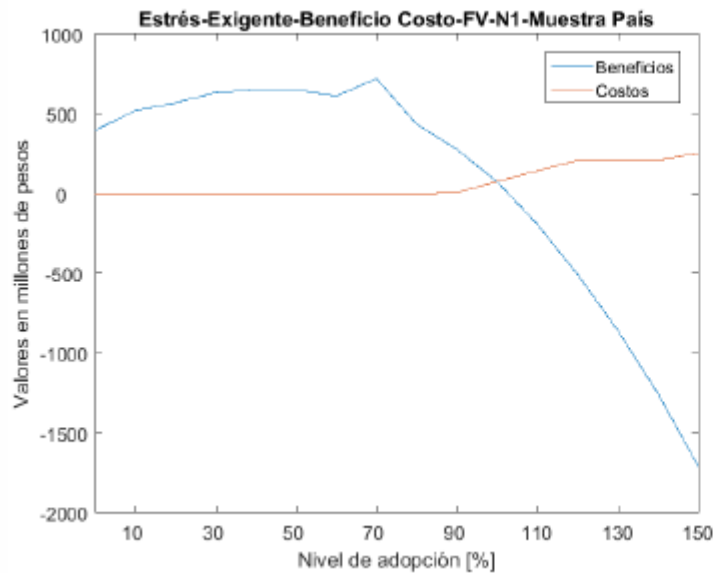
$$Beneficio_{nivel_{tension_i}} = 8760 \times \sum_j \sum_k (PérdidasReconocidas_{i,j} - Pérdidas_{i,j,k}) CU_{i,j}$$

I. Costos cambio Transformador.

$$CostoCambioTransformadores_{nivel_{tension_i}} = \sum_j \sum_k (TR_{Sobrecarga_{i,j,k}} UC_{i,k+1})$$

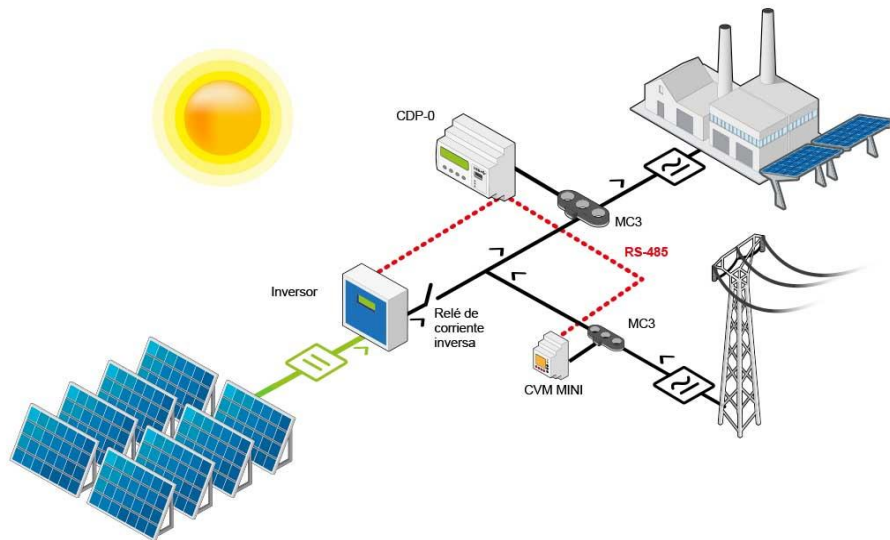
Límites técnicos y económicos en la integración de RD

- Monetización de los beneficios y costos

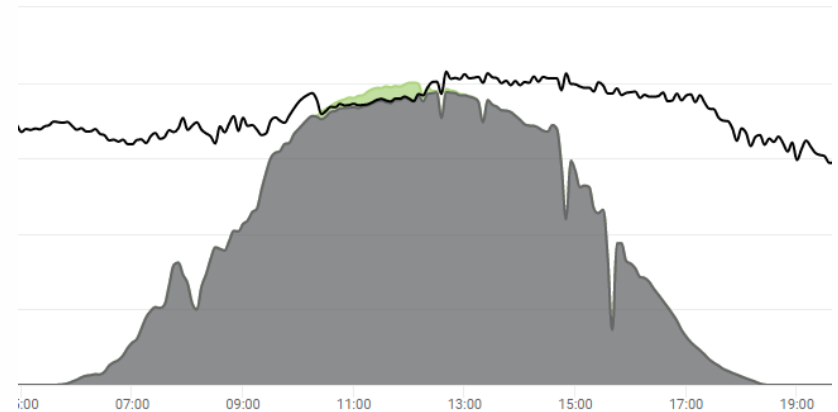


Límites técnicos y económicos en la integración de RD

- Comercialización de Energía



Relación Consumo vs Generación



Límites técnicos y económicos en la integración de RD

- Comercialización de Energía

a) Para AGPE que utilizan FNCER con capacidad instalada menor o igual a 0,1 MW:

$$VE_{i,j,n,f} = (Exp1_{i,j,n,f-1} - Imp_{i,j,n,f-1}) * CUv_{n,m,i,j} - [Exp1_{i,j,n,f-1} * Cv_{m,i,j}] + \sum_{h=hx,hx+1,\dots,H} Exp2_{h,i,j,n,f-1} * PB_{h,f-1}$$

Hasta 100kWp: Generación > Consumo: Pb: 180 cop/kWh
Generación < Consumo: VE= Cu-C = 430cop/kWh

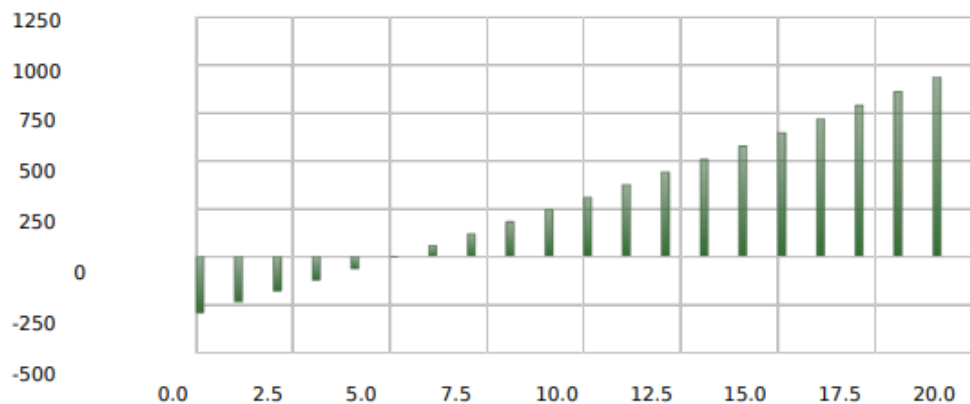
b) Para AGPE que utilizan FNCER con capacidad instalada mayor a 0,1 MW:

$$VE_{i,j,n,f} = (Exp1_{i,j,n,f-1} - Imp_{i,j,n,f-1}) * CUv_{n,m,i,j} - [Exp1_{i,j,n,f-1} * Cv_{m,i,j}] - [Exp1_{i,j,n,f-1} * (T_m + D_{n,m} + PR_{n,m,i,j} + R_{m,i})] + \sum_{h=hx,hx+1,\dots,H} Exp2_{h,i,j,n,f-1} * PB_{h,f-1}$$

Hasta 1MWp: Generación > Consumo: Pb: 180 cop/kWh
Generación < Consumo: VE= G = 200 cop/kWh

Límites técnicos y económicos en la integración de RD

Flujo de caja (millón COP):



100 kWp

LCOE (Costo global actualizado): 153.006 COP/kWh

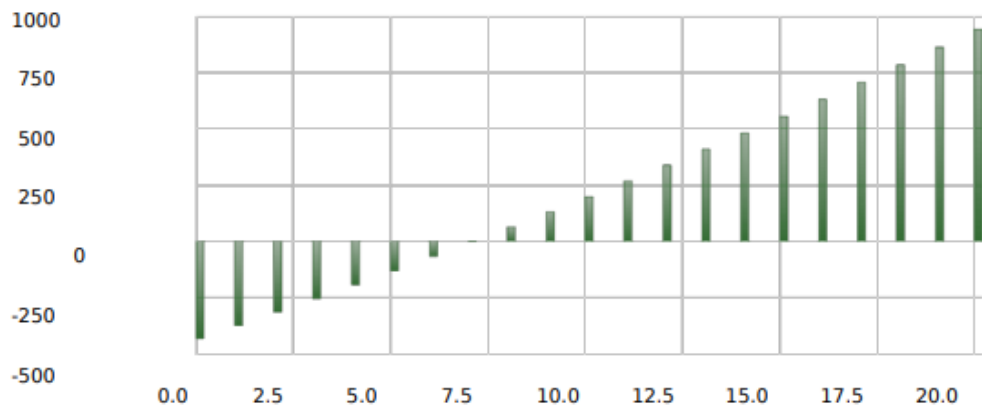
Valor actual neto: 923.877 millón COP

Período de retorno: 6 año

Período de retorno actualizado: 6 año

Tasa de rentabilidad interna: 18.60 %

Flujo de caja (millón COP):



140 kWp

LCOE (Costo global actualizado): 159.261 COP/kWh

Valor actual neto: 824.482 millón COP

Período de retorno: 8 año

Período de retorno actualizado: 8 año

Tasa de rentabilidad interna: 12.30 %

Límites técnicos y económicos en la integración de RD

- Otros elementos...

- Área Útil

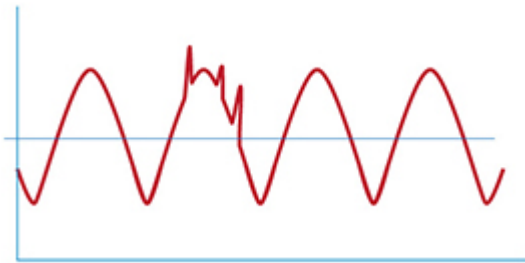


- Tramites administrativos (UPME – ANLA)

Proyectos FNCER 0- 100 kW
100kW – 1MW
1MW – 10MW
10MW – 20MW, >20MW

Límites técnicos y económicos en la integración de RD

- Otros elementos...
 - Calidad de la potencia (penalizaciones por reactiva **CREG 015**)



- Requerimientos técnicos (**CREG 060**, 4 julio del 2019)

Proyectos FNCER 0- 100 kW
100kW – 1MW
1MW – 10MW
10MW – 20MW, >20MW

¿Podemos obtener el 100% de nuestra energía con
Fuentes no Convencionales?

Itinerario

1. Introducción
2. Definiciones
3. Panorama Mundial
4. Panorama Nacional
5. Límites técnicos y económicos en la integración de
SDL en Colombia.
6. Conclusiones

Conclusiones

1. Los subsidios tributarios son fundamentales para continuar aumentando la participación de las renovables en Colombia. El PND, la ley de financiamiento y la ley 1715 de 2014 demuestra que hay buenas señales desde el gobierno nacional en respaldar estas tecnologías.
2. En la medida en que la CREG y lo OR's intensifiquen sus estudios alrededor los beneficios o detrimentos que tenga consigo la integración de estas fuentes energéticas variables en el SIN, podrían seguramente aumentar los márgenes de participación de las renovables no convencionales.
3. Las disposiciones técnicas en los sitios de instalación del proyecto, económicas y administrativas, pueden limitar la capacidad instalada en los proyecto que utilicen FNCER.

Gracias miles...

Carlos Julio Caicedo Sánchez

Director de Proyectos RENOVATIO

Correo electrónico: ingenierosolar@Gruporenovatio.com

carlos.caicedos1404@Gmail.com

Instagram

[@carlosJ.caicedo](https://www.instagram.com/carlosJ.caicedo)



América Latina
se proyecta hacia
el mercado de las
energías renovables...

ExpoSolar Colombia
hace parte de esta
transformación!



ExpoSolar[®]
Colombia 2019

Julio 11 | Plaza
12 | Mayor
13 | Medellín
Colombia

Medellín - Colombia
www.feriaexposolar.com

☎ Cel: 300 790 8554 / 300 570 7850

✉ info@feriaexposolar.com