

# ***Diseño de Microrredes Aisladas con Homer***

***Preparado por:  
MSc Diana Stella García Miranda***

***Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Grupo de investigación en sistemas eléctricos y eficiencia energética***

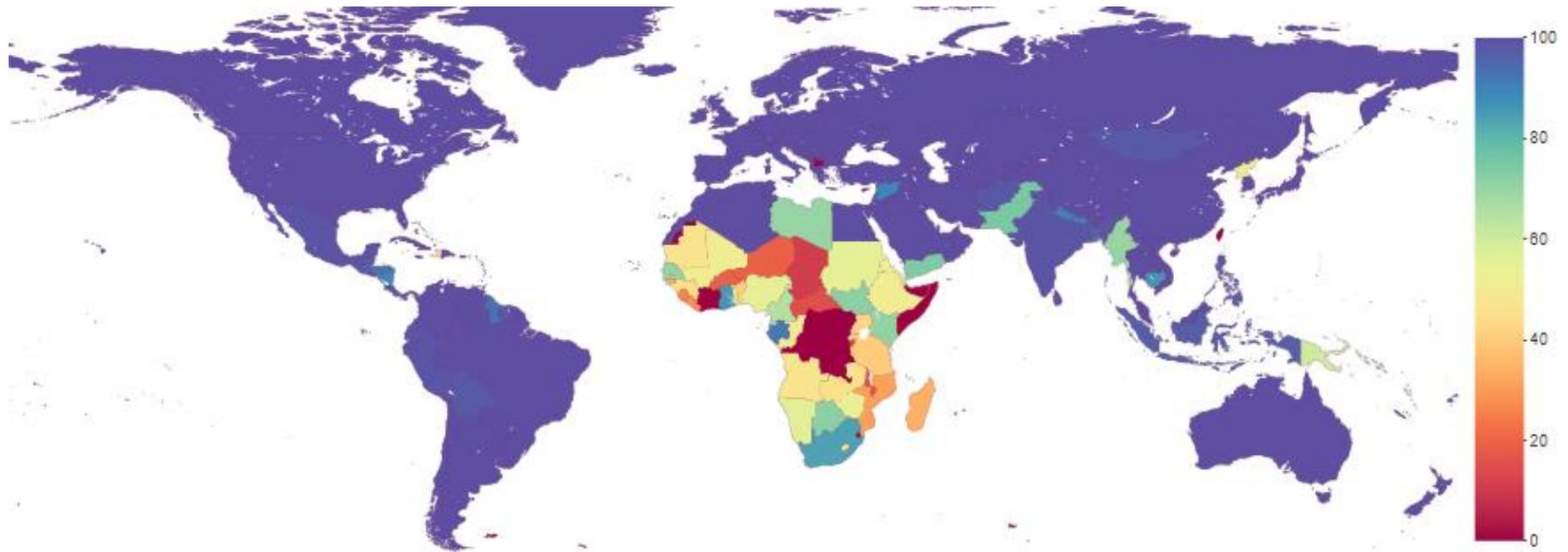
***Facultad de Ingeniería  
Maestría en Ingeniería***

***2023***

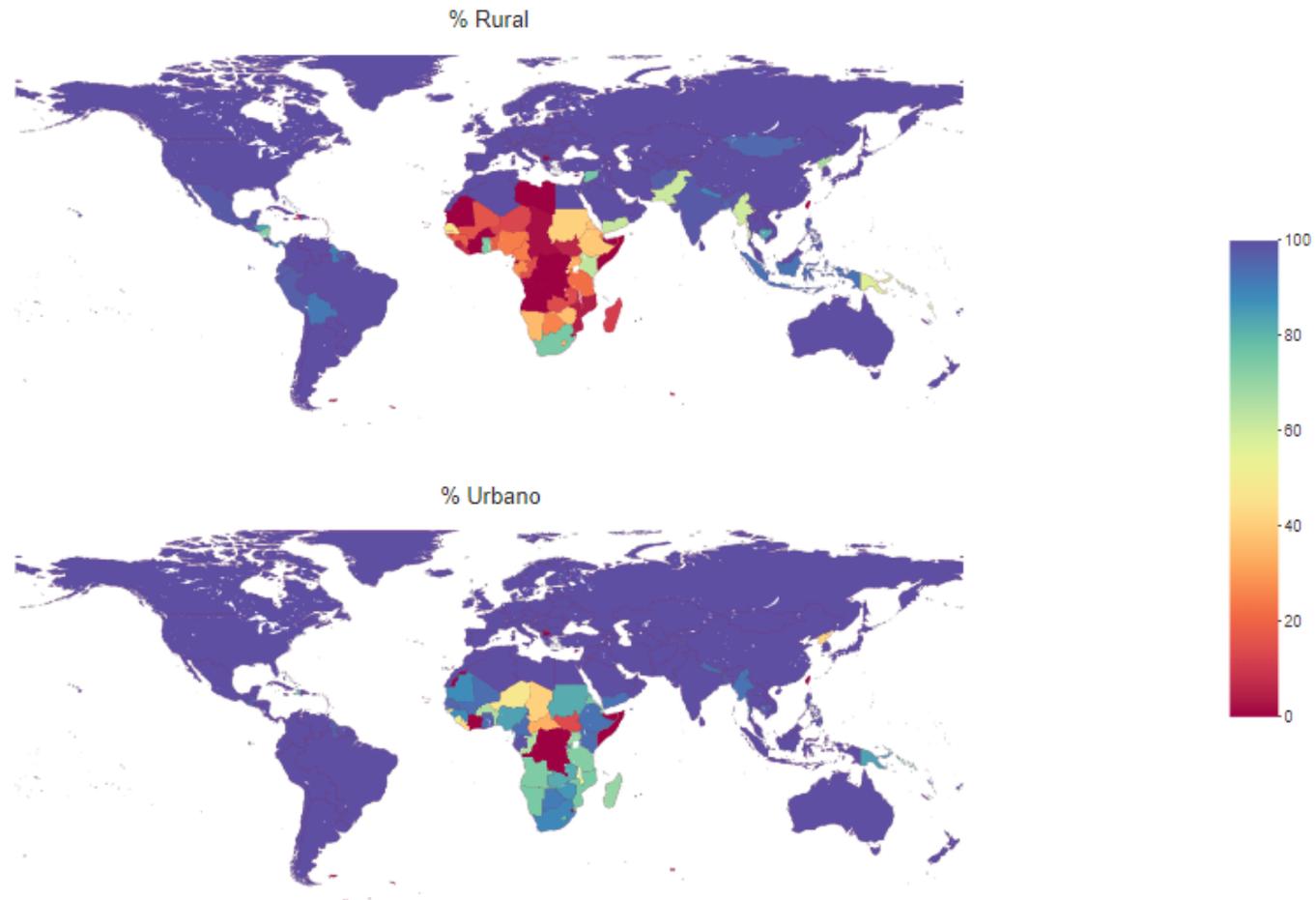


**UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

# Access to electricity. Year 2020.



# Percentage of rural and urban population with access to electricity. Year 2020





# Software tools for hybrid RES.

## Sinha, S. Chandel, S.

Analysis capabilities of hybrid system software tools.

Tools	Economical Analysis	Technical Analysis	PV System	Wind System	Generator set	Storage device	Bio-energy	Hydro energy	Thermal System
HOMER	X	X	X	X	X	X	X	X	-
HYBRID2	-	X	X	X	X	X	-	-	X
iHOGA	X	X	X	X	X	X	-	X	-
RETScreen	X	X	X	X	-	X	-	-	-
HYBRIDS	-	X	X	-	-	X	-	-	-
SOMES	X	X	X	X	-	X	-	-	-
RAPSIM	-	X	X	X	X	X	-	-	-
SOLSIM	X	X	X	X	X	X	X	-	-
ARES-I &II	-	X	X	X	X	X	-	-	-
HYSYS	-	X	X	X	X	X	-	-	-
INSEL	-	X	X	X	X	X	-	-	X
SOLSIM	X	X	X	X	X	X	X	-	-
HybSim	X	X	X	-	X	X	-	-	-
Dymola/Modelica	X	-	X	X	-	X	-	-	-
SOLSTOR	X	X	X	X	X	-	-	-	-
HySim	X	X	X	-	X	X	-	-	-
IPSYS	-	X	X	X	X	X	-	X	-
Hybrid Designer	X	-	X	X	X	X	-	-	-
TRNSYS	X	X	X	X	X	X	-	-	X
iGRHYSO	X	X	X	X	-	X	-	X	-



Timetable with the universe of referenced surveyed publications on electrical distribution systems planning, with the respective applied methods.

Name	Objective	Type of system	Solution method	Type			Optimization	
				Simulation	Scenario	Equilibrium	Operation	Investment
HOMER	min [NPC]	DG in general <sup>a</sup>	Accounting	✓			✓	✓
DER-CAM	min [costs]	DG in general <sup>a,b</sup>	MILP/GAMS – CPLEX				✓	✓
EAM	min [costs]	DG in general <sup>a</sup>	MILP				✓	✓
MARKAL/TIMES	min [costs]	user-defined	MILP/GAMS – CPLEX		✓	✓		✓
RETSscreen	min [costs]	DG in general <sup>a</sup> and centralized	Accounting		✓			✓
H <sub>2</sub> RES	max [DG integration]	DG in general <sup>a</sup>	Energy balancing	✓	✓		✓	

<sup>a</sup> Includes CHP, Thermally Activated Technologies, RE, etc.

<sup>b</sup> Currently excludes Wind Turbines (WT).

Characterization of the analyzed bottom-up energy tools, according to scale and time.

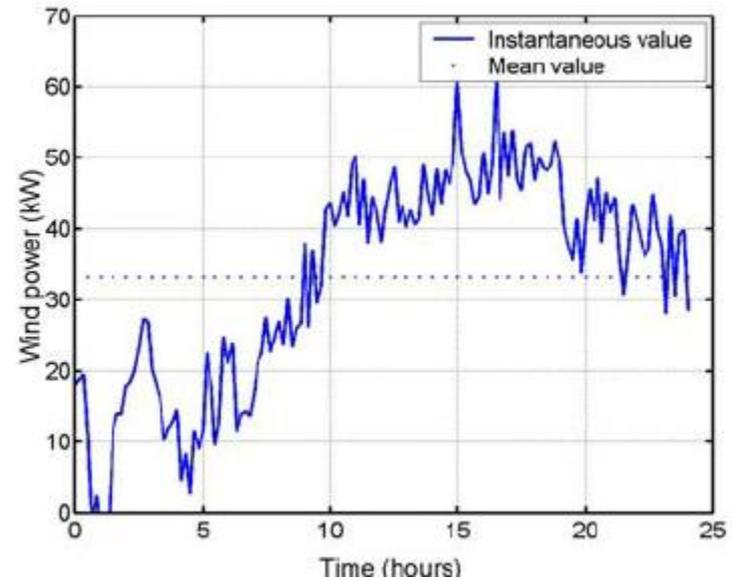
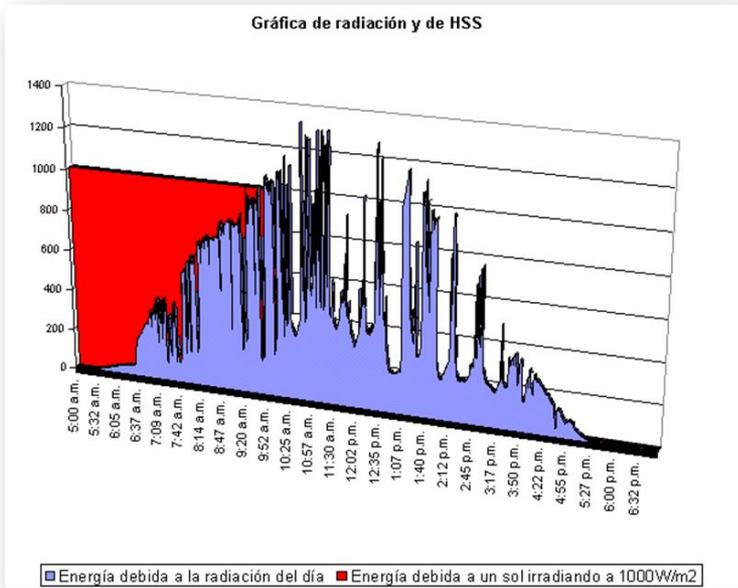
Name	Scale					Time Term info	Step	Horizon
	≤Community	Regional	National	≥International	multiple			
HOMER	✓					Short-term	Variable	1 year
DER-CAM	✓					Short-term	Hourly	1 year
EAM	✓					Short-term	Hourly	1 year
MARKAL/TIMES					✓	Long-term	user-defined	50 years max.
RETSscreen					✓	Long-term	Monthly	50 years max.
H <sub>2</sub> RES	✓ <sup>a</sup>	✓ <sup>a</sup>				Unlimited	Hourly	Unlimited

<sup>a</sup> In this particular case, the model is specifically conceived for modeling energy systems of islands, though it works for isolated communities in general

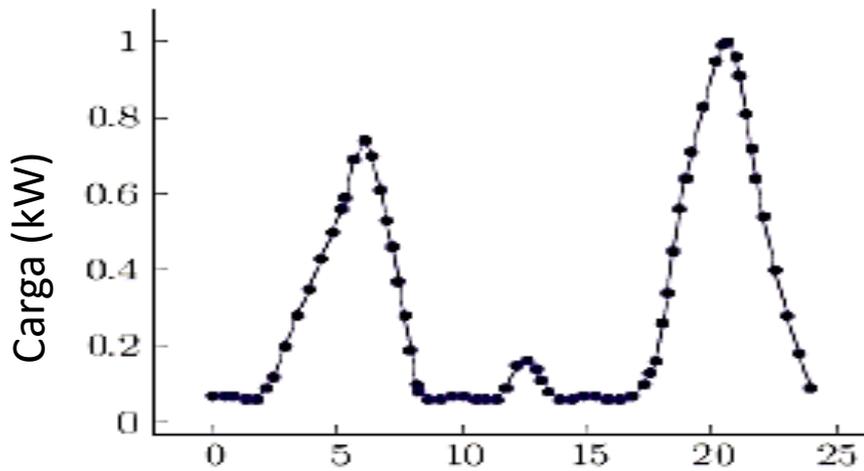
On the planning and analysis of Integrated Community Energy Systems: A review and survey of available tools. Goncalves, Almeida Mendes, 2011, Christos Ioakimidis, 2011, Paulo Ferrão, 2011



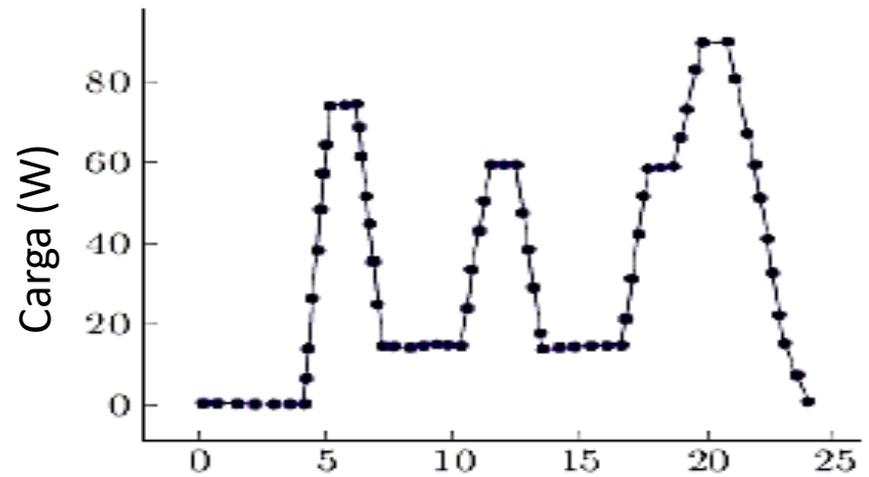
# Recursos Energéticos



# Perfil de carga diaria



República Democrática Popular  
Laos

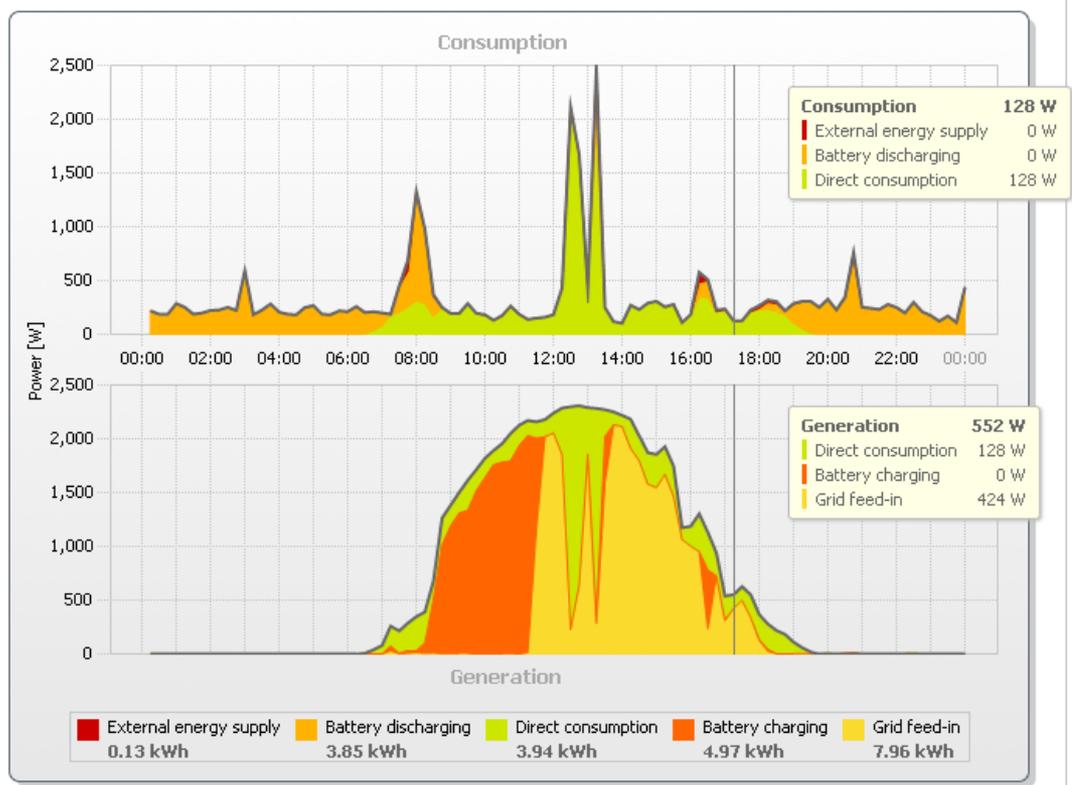


Puerto Plata,  
República Dominicana

Fuente: Gerro Prinslool, 2016



Current **Day** Month Year Total



Detailed view 24/10/2017 

**Balance**

 Daily consumption	7.92 kWh	 Daily yield	16.87 kWh
 External energy supply	0.13 kWh	 Self-consumption	8.91 kWh
 Internal power supply	7.79 kWh	 Battery charging	4.97 kWh
 Battery discharging	3.85 kWh	 Grid feed-in	7.96 kWh
 Direct consumption	3.94 kWh		
<hr/>		<hr/>	
Self-sufficiency quota	98 %	Self-consumption rate	53 %
		Direct consumption rate	23 %

# What is HOMER?

- Hybrid Optimization Model for Electric Renewable (HOMER) designed by NREL (USA)
- A tool for comparing and evaluating micropower technology options for a wide range of applications
  - Village power systems
  - Stand-alone applications
  - Grid-connected systems
  - Conventional technologies
  - New technologies

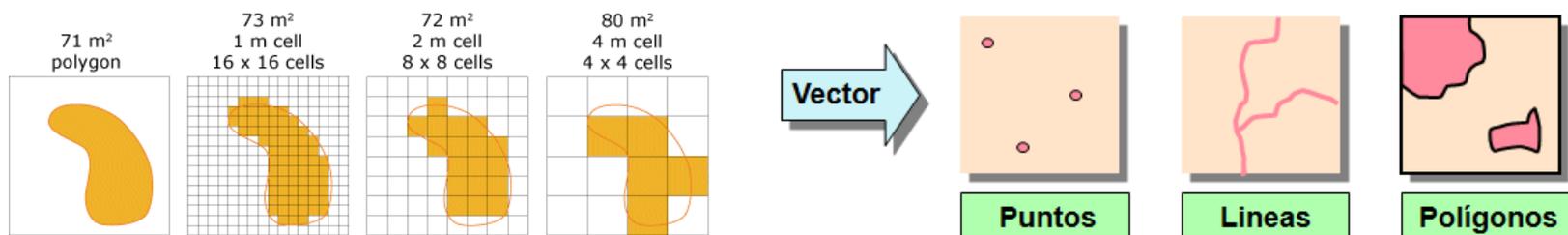


1. *Ubicación*
2. *Perfil de carga*
3. *Recursos Energéticos*
4. *Componentes de la microrred*
5. *Procesos en Homer*
  1. *Simulación (Un año cada hora)*
  2. *Optimización (min LCOE)*
  3. *Sensibilidad (que pasaría si)*



# Ubicación

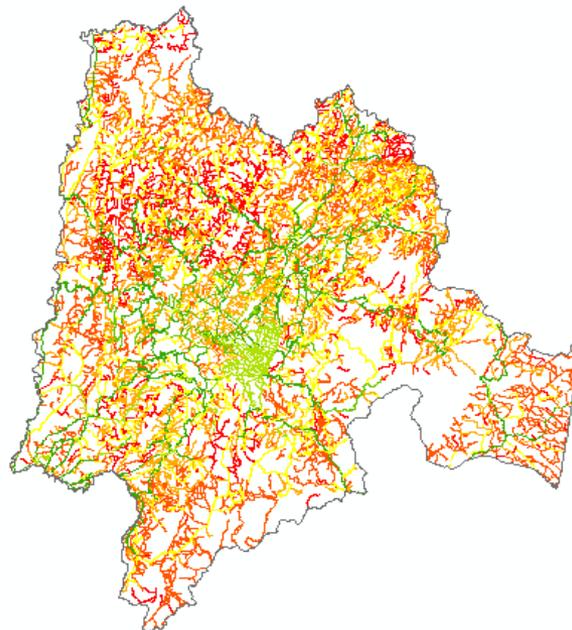
- Información primaria y secundaria
- Mapas Base (Raster o Vector) Los archivos ráster se caracterizan por la existencia de una red formada por celdas o cuadrículas, más comúnmente conocidas como píxel, en la que cada cuadrícula o píxel presenta una cualidad o propiedad espacial (color, altitud, etc). Mientras en el modelo vectorial las líneas y puntos son los elementos principales del sistema, en el modelo ráster, es la celda. La principal diferencia con respecto a un archivo vectorial es que el archivo ráster almacena píxel mientras en el vectorial almacenas coordenadas de los vértices de cada elemento geométrico.



# LÍMITES

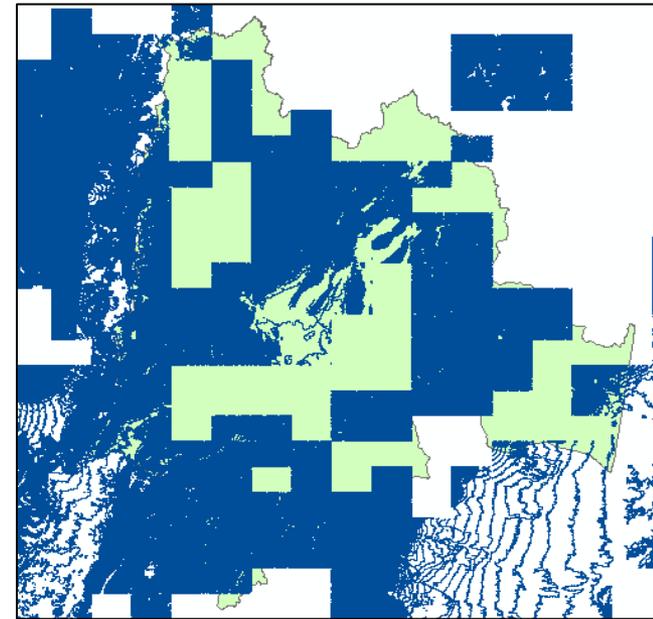
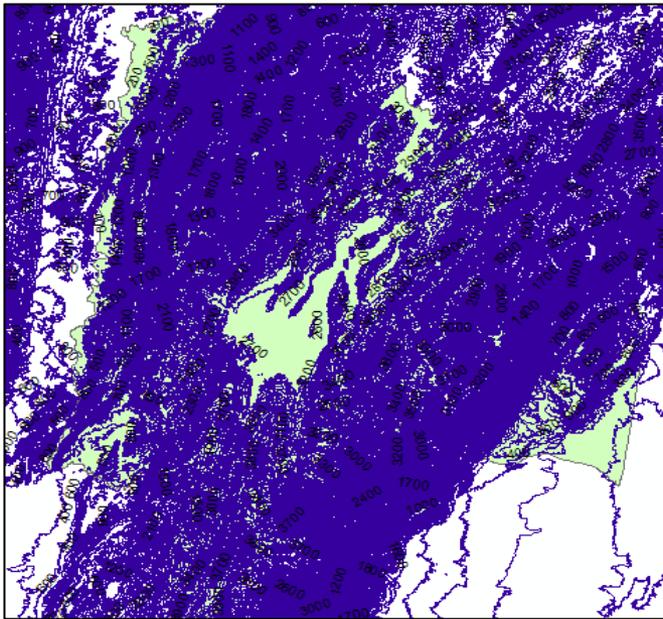


# VÍAS



Fuente. IGAC

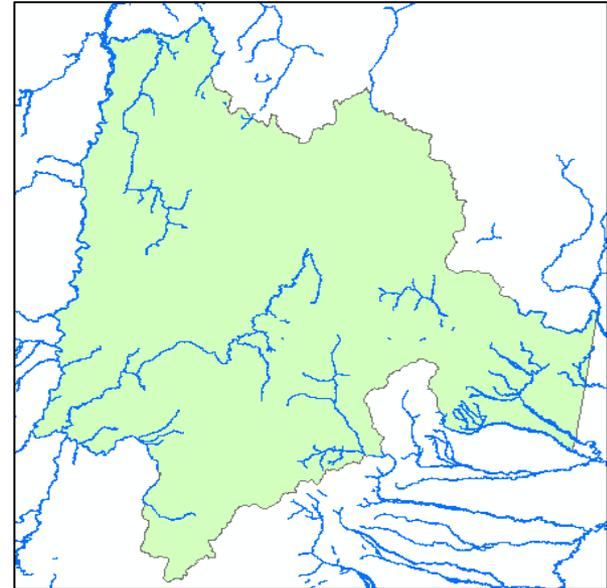
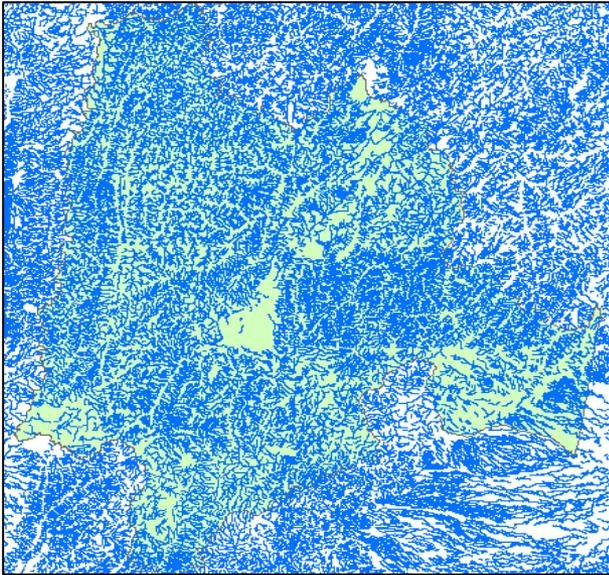
# CURVAS DE NIVEL



Fuente. IGAC

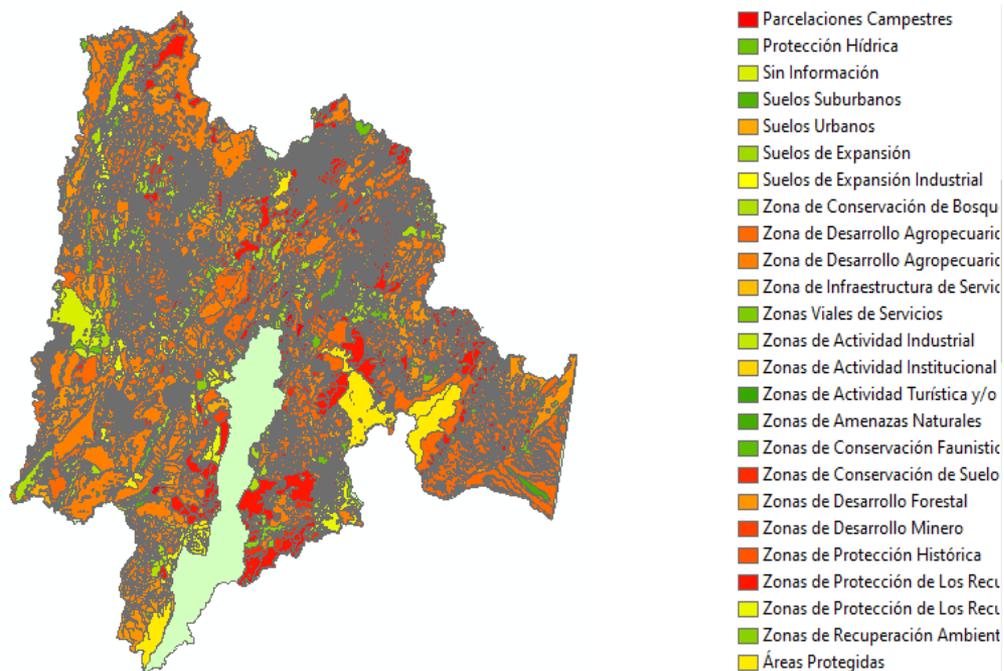


# DRENAJES



Fuente. IGAC

# USOS DE SUELO



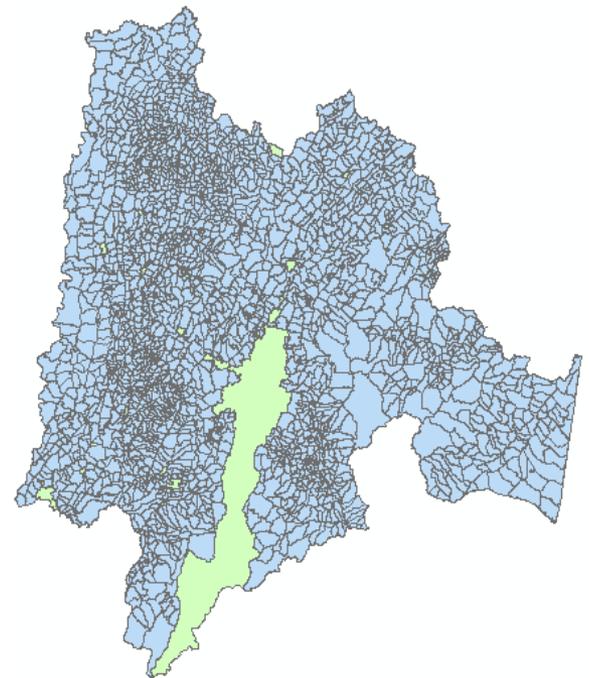
Fuente. Gobernación de Cundinamarca



## MUNICIPIO



## VEREDAS

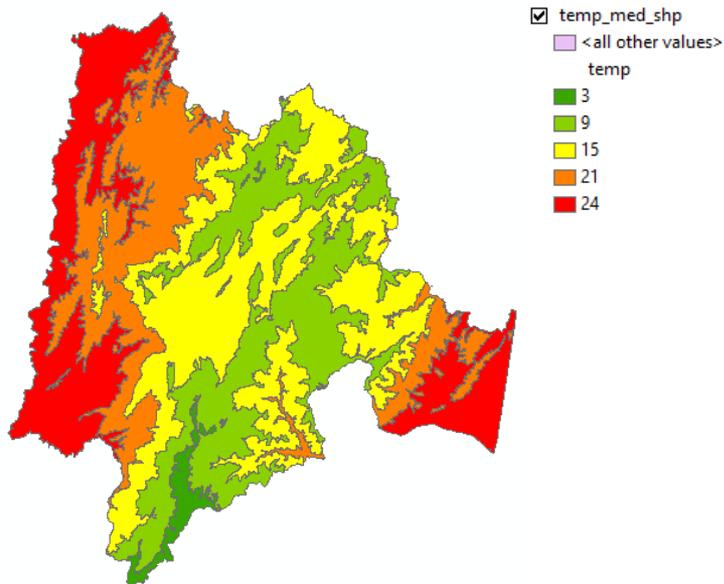


Fuente. Gobernación de Cundinamarca

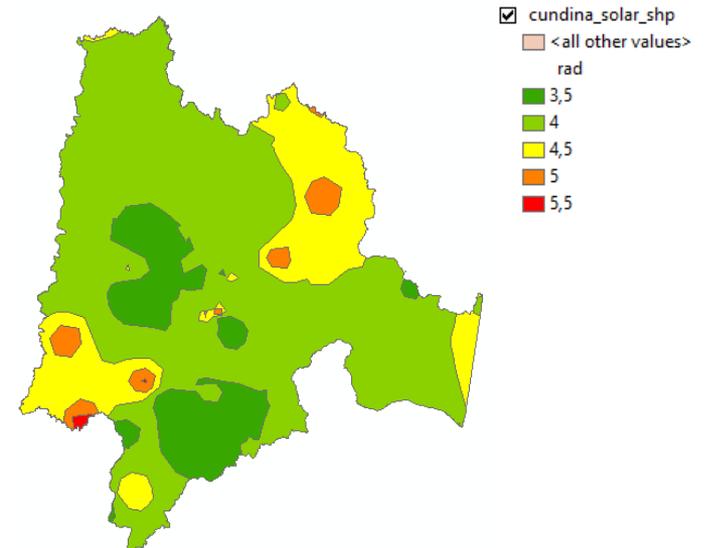


# Recursos Energéticos

## TEMPERATURA AMBIENTE



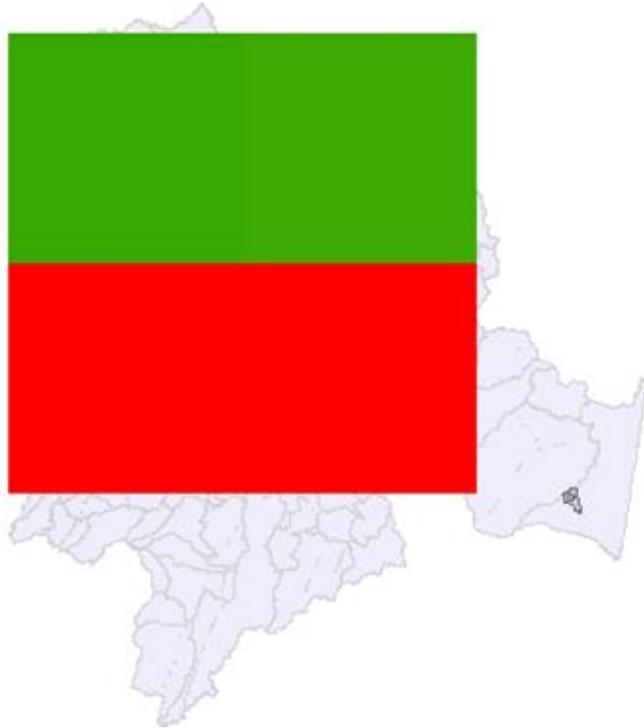
## RADIACIÓN SOLAR



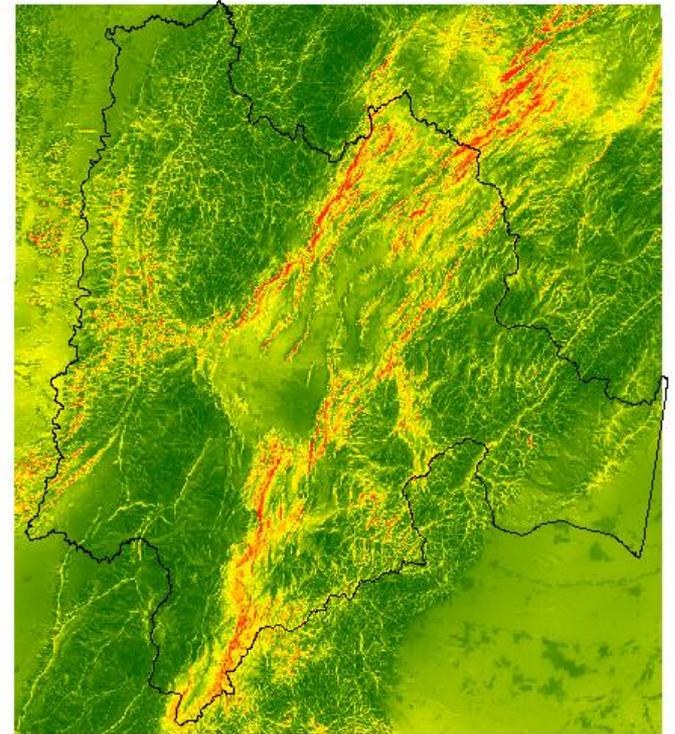
Fuente. Sistema de Información Ambiental de Colombia



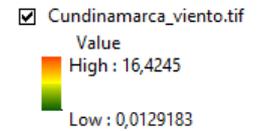
# VELOCIDAD DEL VIENTO A 10M



Fuente. Nasa



Fuente. Global Wind Atlas



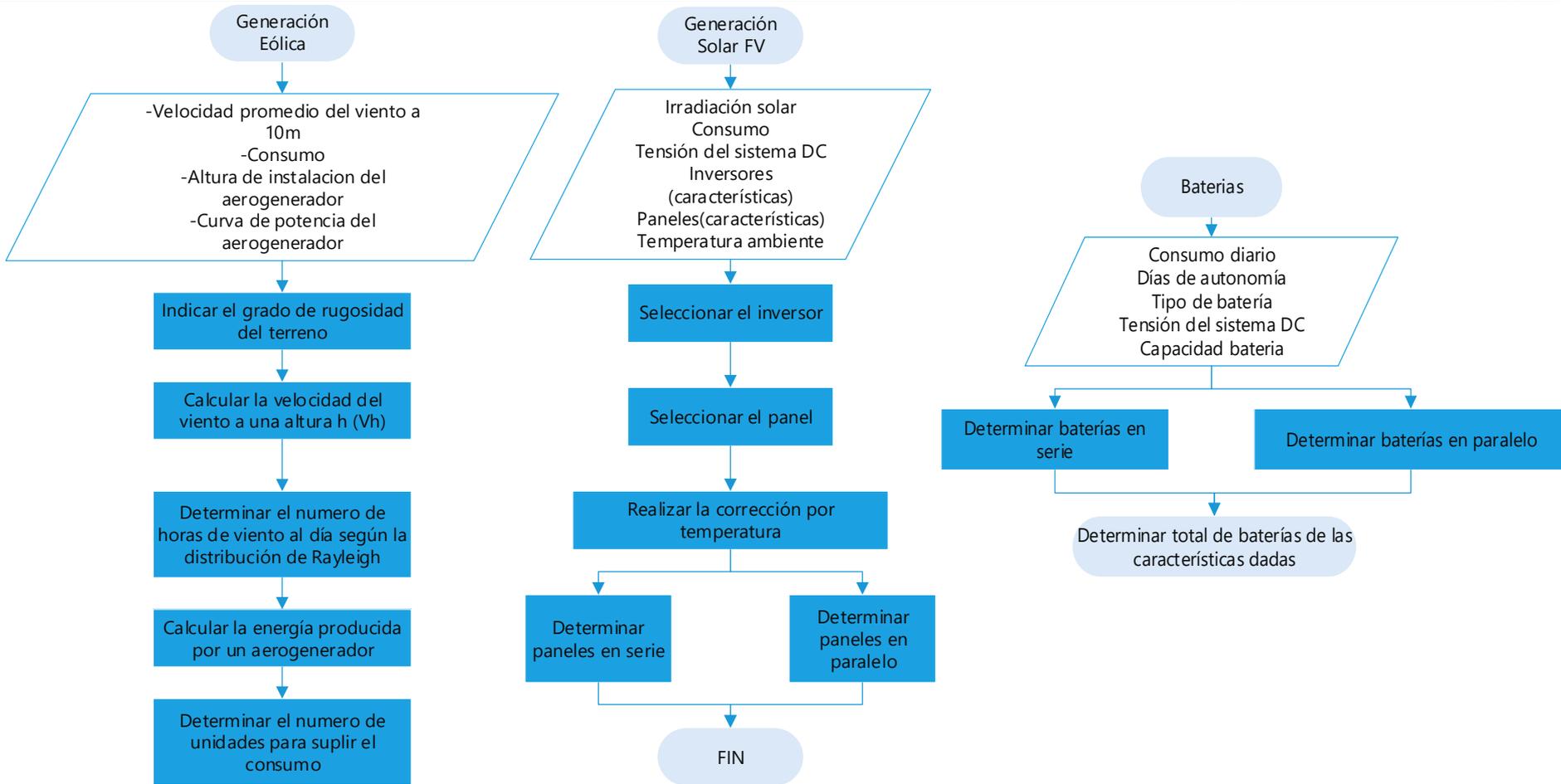
# Componentes

Sistemas fotovoltaicos

Turbinas eólicas

Baterías





# Potencial Solar: PV Watts

<https://pvwatts.nrel.gov/>

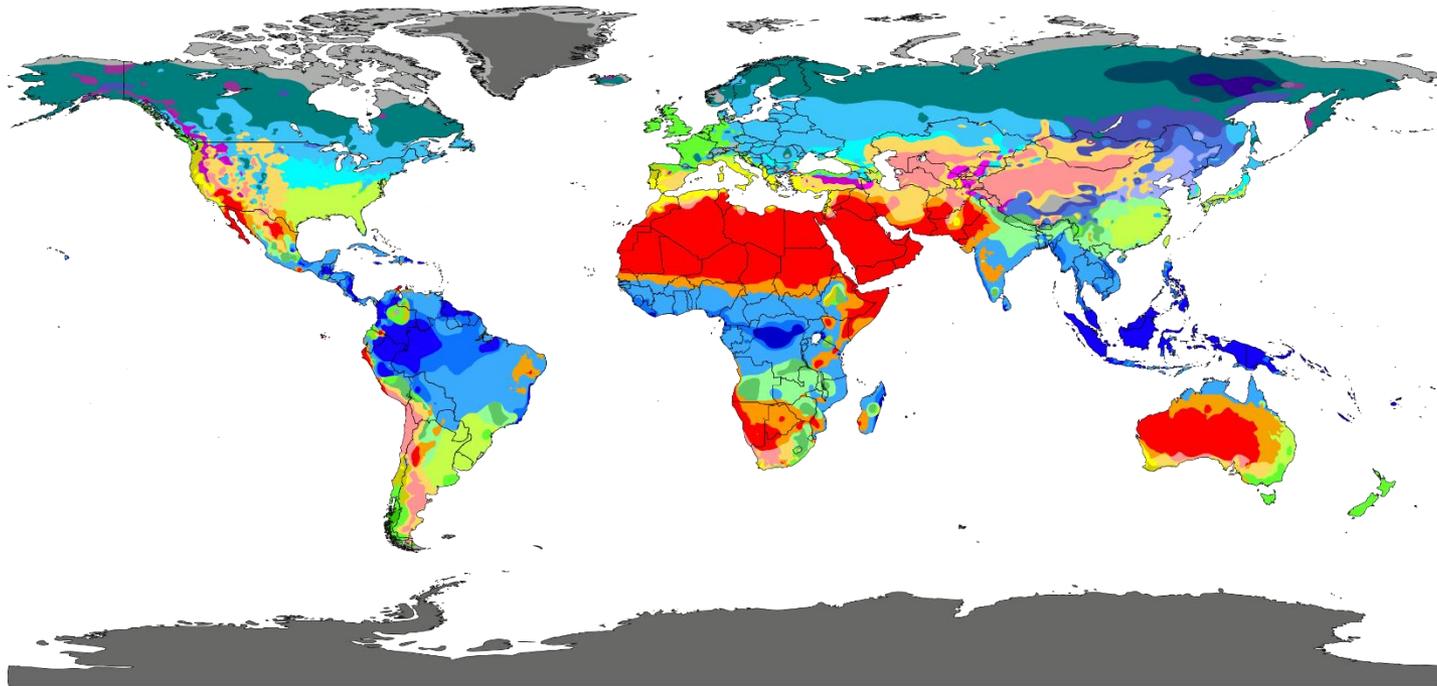
Estimates the energy production and cost of energy of grid-connected photovoltaic (PV) energy systems throughout the world. It allows homeowners, small building owners, installers and manufacturers to easily develop estimates of the performance of potential PV installations.



- <https://www.clickrenovables.com/calculadora>
- <https://rechneronline.de/wind-power/>
- <https://www.omnicalculator.com/ecology/wind-turbine>
  
- <https://www.jcalc.net/battery-size-calculator>
- <https://www.omnicalculator.com/other/battery-capacity>



World map of Köppen-Geiger climate classification



Peel, M. C. and Finlayson, B. L. and McMahon, T. A. (2007) (University of Melbourne)

Vectorization by : Ali Zifan

Af	BWh	Csa	Cwa	Cfa	Dsa	Dwa	Dfa	ET
Am	BWk	Csb	Cwb	Cfb	Dsb	Dwb	Dfb	EF
Aw	BSh	Cwc	Cfc	Dsc	Dwc	Dfc		
	BSk			Dsd	Dwd	Dfd		



# Recursos

- <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- <https://globalwindatlas.info/downloads/maps-country-and-region>
- <https://www.nrel.gov/gis/data-wind.html>
- <http://www.weatherbase.com/>
  
- <https://globalsolaratlas.info/map?c=11.609193,8.349609,3>
- <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>
- <http://solargis.info/>
- <https://solcast.com/>



# Perfil de carga o demanda

- *La potencia (kW)* es la rapidez con la que se puede hacer un trabajo o la rapidez con la que se intercambia la energía para que algo ocurra. Para realizar una tarea se necesita energía; por ejemplo, al cargar o mover algún objeto, la calefacción o cocción. Se llama trabajo al fenómeno en el que se transfiere energía para hacer algo.
- *La energía (kWh)* es la medida de la potencia usada en el tiempo. A mayor potencia, más energía disponible en un intervalo de tiempo más corto.
- *El consumo* es como se aprovecha la energía (kWh).
- *La demanda* es como se utiliza la potencia (kW), ello es, la tasa a la cual es usada la energía (kWh/h).

Parafraseando a Richard Feynman: se sienten los efectos de la energía, pero no es posible tenerla como la masa de un objeto en las manos. Tampoco se puede atraer o empujar, como cuando se realiza trabajo sobre un objeto físico. No puede ser percibida cuando se ingieren alimentos o cuando se usa la energía contenida en esos alimentos para sobrevivir y hacer trabajo físico. Cuando se le dice a otra persona que un objeto pesa un kilogramo, es posible imaginar ese peso en las manos rápidamente; pero si se dice que se tienen 100 kilojoules de energía, no hay un punto de referencia claro de lo que eso pudiera representar.



# Perfil de carga (2)

- El perfil de carga se ha definido como la demanda de un sistema eléctrico mapeado en el tiempo, y es una entrada imprescindible para el diseño de éste, teniendo un impacto en el rendimiento, así como las decisiones en un sistema de los sistemas aislados.
- El consumo energético es el elemento clave en el proceso de diseño de sistemas aislados, y su determinación es necesaria para el dimensionamiento del sistema o en el caso de la electricidad, de la estimación de la batería y la integración de las fuentes renovables. El consumo en la electricidad puede ser muy difícil ya que, a diferencia de otros bienes de consumo, el cliente no "puede ver" lo que compra, sólo percibe el trabajo realizado o el cómo se aprovecha la energía.
- El comportamiento energético en zonas rurales, se clasifica en tres: energía para cocinar, como un requisito básico en todos los hogares; energía para calefacción, como una necesidad de supervivencia y electricidad para los hogares



# Viviendas en una comunidad

	Potencia (Vatios)	n (Número de equipos)
<b>ILUMINACION</b>		
Sala	100	126
Comedor	100	60
Alcoba 1	100	126
Alcoba 2	100	70
Alcoba 3	100	10
Baño	100	90
Puerta de entrada	100	85
<b>PREPARACION Y PRESERVACION DE ALIMENTOS</b>		
Nevera	250	30
Licuadaora	100	10
Olla	3.000	20
<b>RECREACION</b>		
Televisor	100	15
Equipo de sonido	100	10
Grabadora	40	90
Ventilador	100	10
<b>OTROS</b>		
Maquina de coser	100	5
Plancha	1.200	5



## OFF-GRID APPLIANCE MARKET SNAPSHOT

### Energy Consumption

Household energy consumption in the United States and Europe



**5-10x**

greater than in India

**10-20x**

greater than in Nigeria

**20-200x**

greater than in most of rural Africa

### Appliance Ownership

Number of appliances per household



**15-40**

developed countries

**3-10**

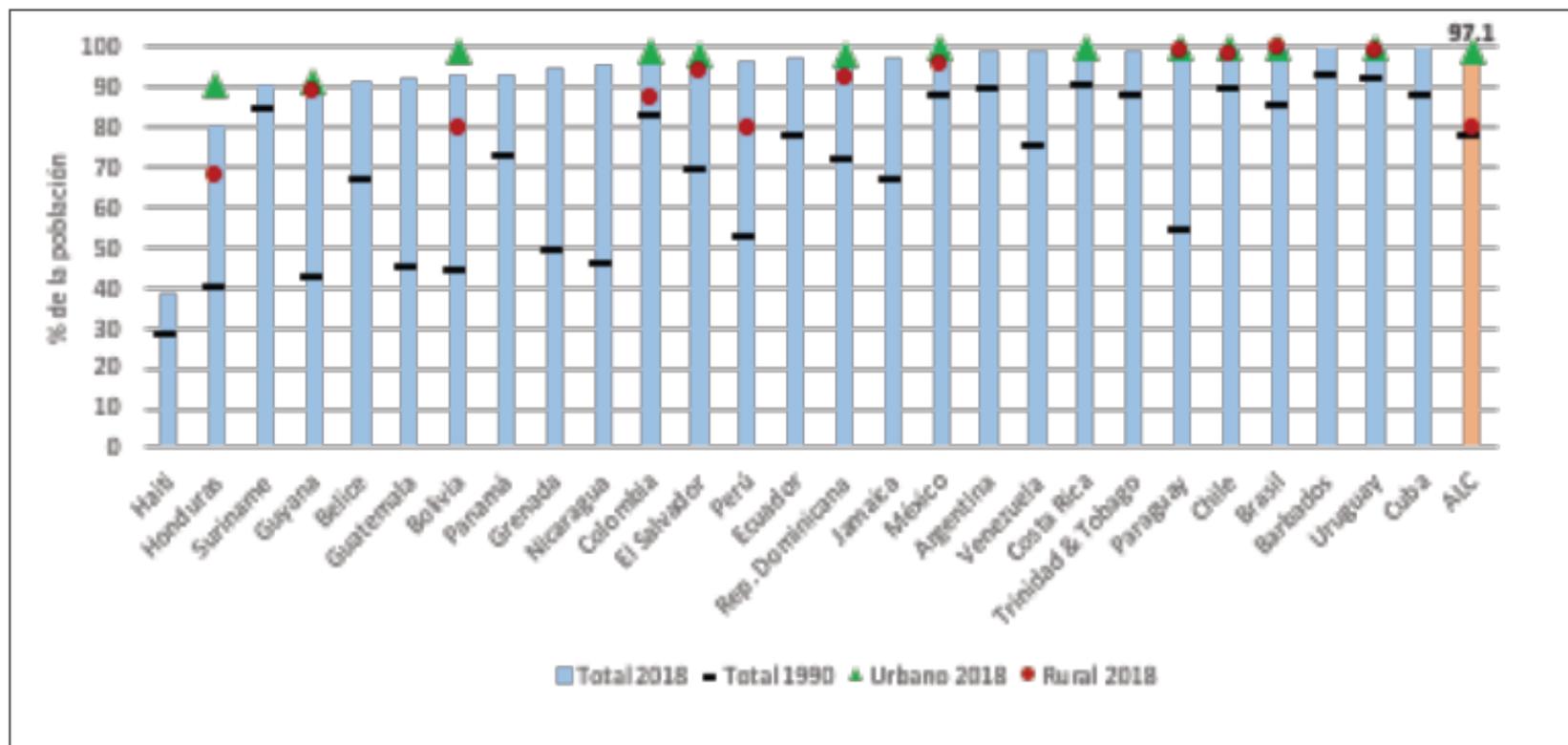
middle-income countries (e.g. India)

**2-5**

rural Africa



## Gráfico 7: Avance en el acceso al servicio de Iluminación

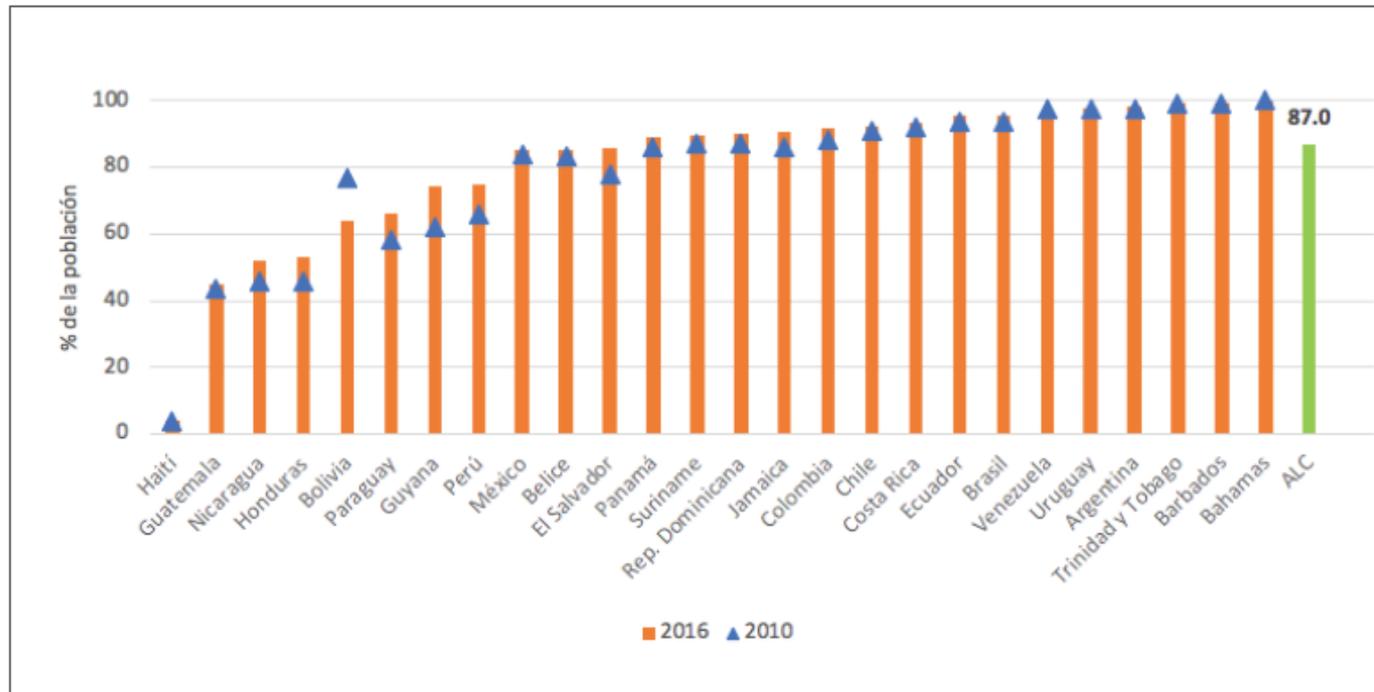


Fuente: Elaboración propia utilizando estadísticas de OLADE- Sielac

Nota: El indicador de ALC es un promedio simple de los países, sin considerar a Haití y a Honduras en el cálculo.



**Gráfico 8: Avance en el acceso al servicio de cocción de alimentos**



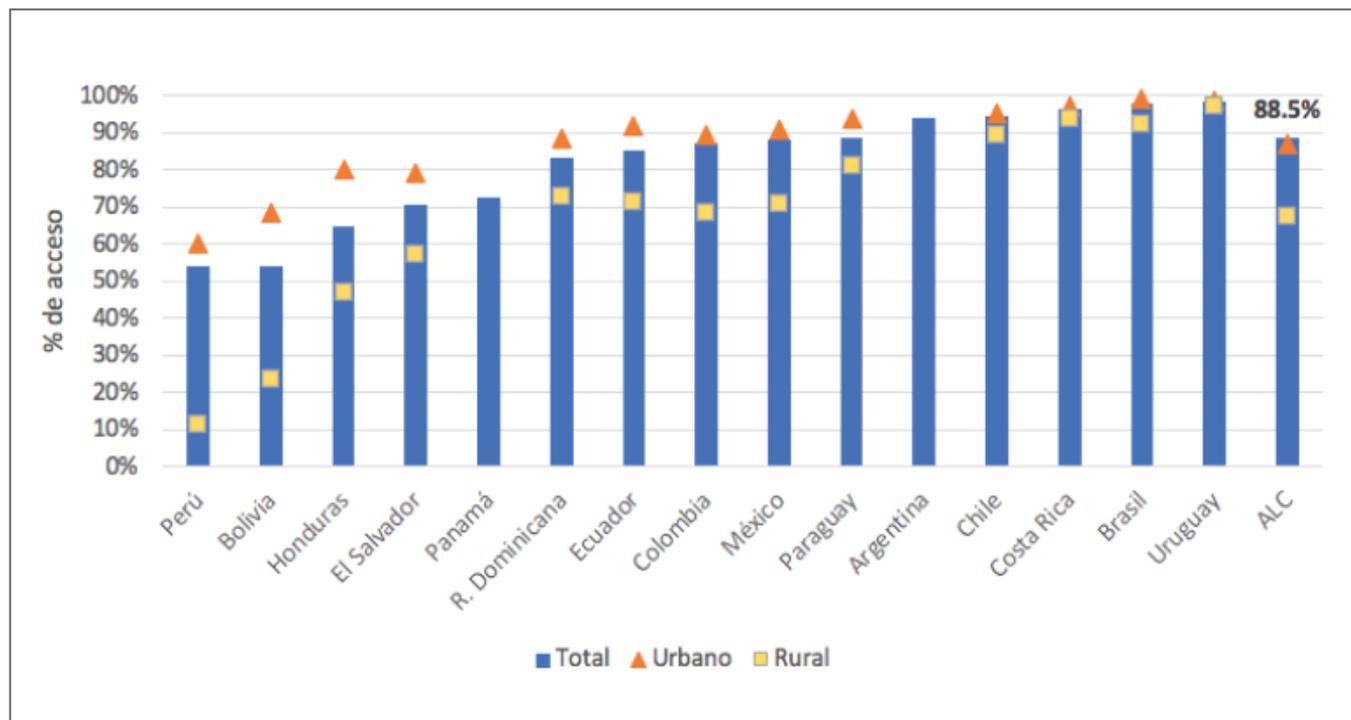
Fuente: Elaboración propia en base a información del World Development Indicators del Banco Mundial

Nota: Se considera en este porcentaje a la población que utiliza principalmente combustibles y tecnologías limpias para cocinar como electricidad y gas natural. Según las pautas de la OMS, el keroseno está excluido de los combustibles de cocina limpios.

El indicador regional se calcula: población que tiene acceso al servicio/población total de los países que tienen información para cada servicio. De esta forma se evita utilizar el promedio simple regional.



**Gráfico 9: Acceso al servicio de refrigeración de alimentos**

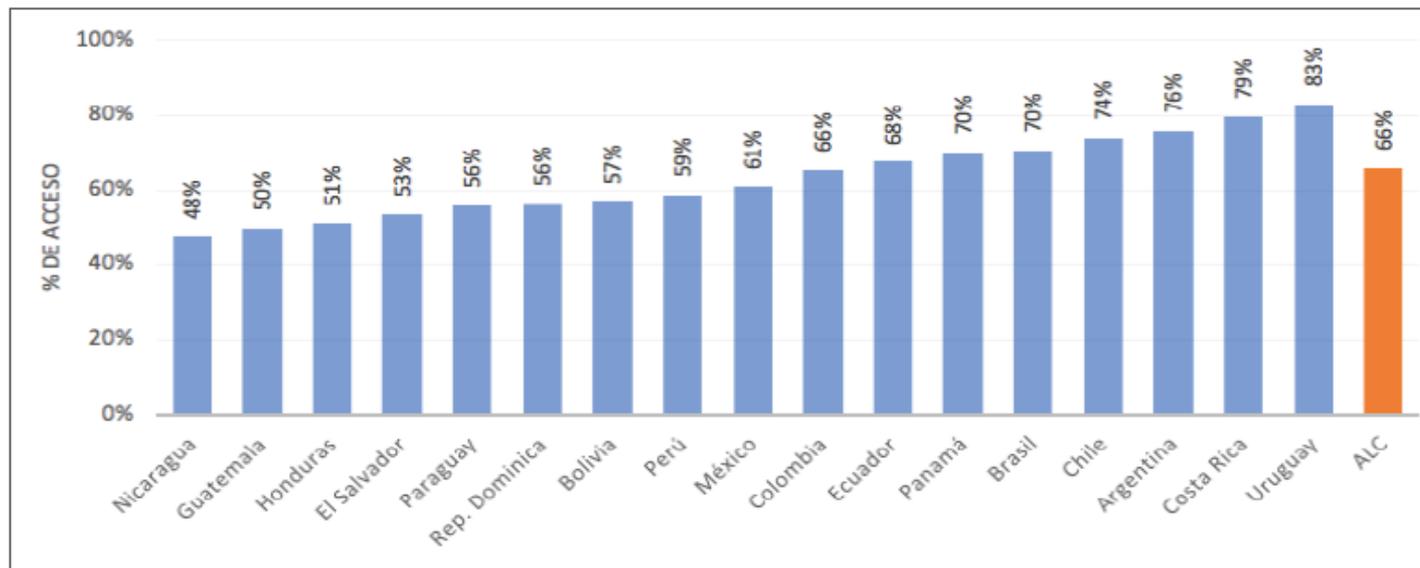


Fuente: elaboración propia con información de las Encuestas de Hogares Continuas (armonizadas): Argentina (2011), Bolivia (2014), Brasil (2017), Chile (2011), Colombia (2017), Costa Rica (2017), República Dominicana (2016), Ecuador (2016), El Salvador (2016), Honduras (2016), México (2018), Panamá (2016), Perú (2014), Paraguay (2016), El Salvador (2016), Uruguay (2018)

Nota: El indicador regional se calcula: población que tiene acceso al servicio/población total de los países que tienen información para cada servicio. De esta forma se evita utilizar el promedio simple regional.



**Gráfico 10: Acceso al servicio de conocimiento, comunicación y entretenimiento**



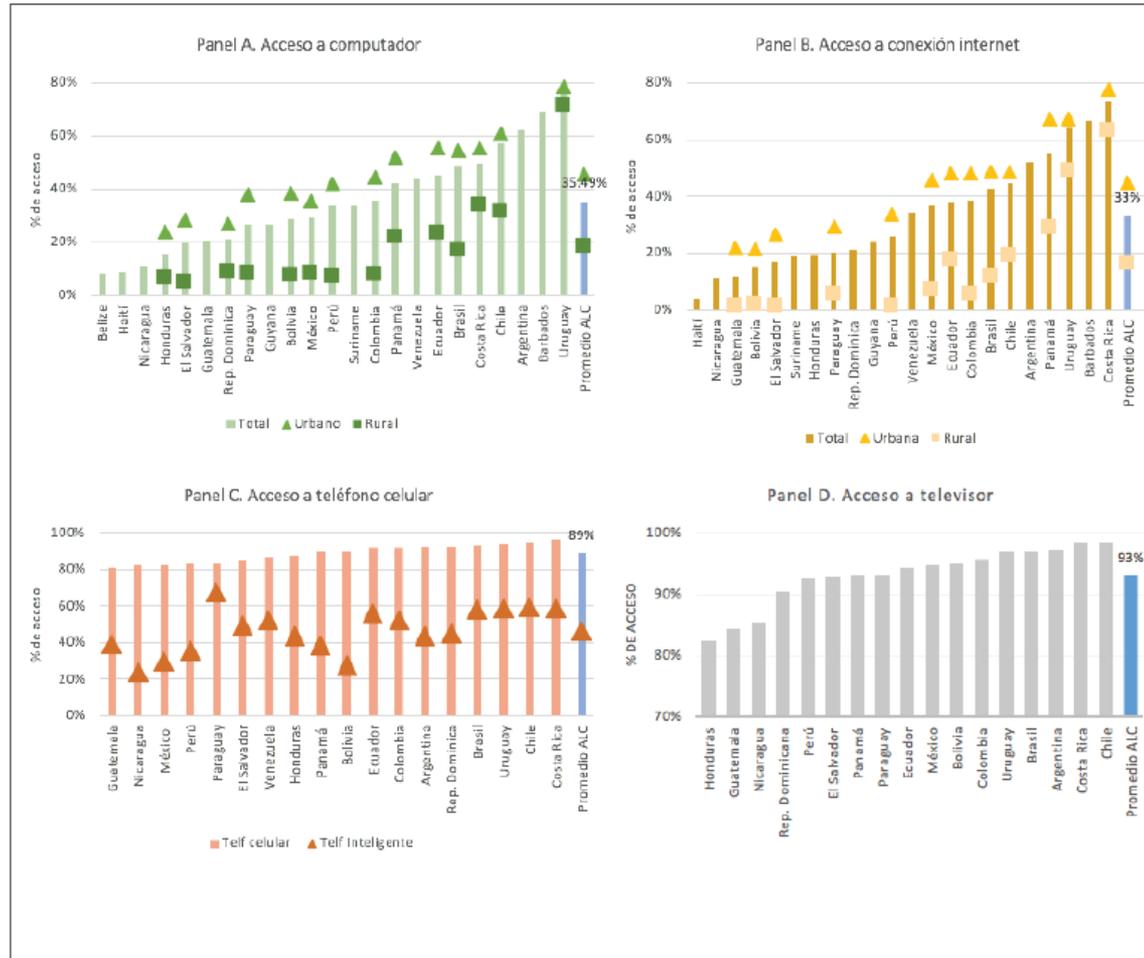
Fuente: elaboración propia con información de las Encuestas de Hogares Continuas (armonizadas): Bolivia (2014), Brasil (2015), Chile (2011), Colombia (2016), Costa Rica (2017), República Dominicana (2016), Ecuador (2016), El Salvador (2016), Honduras (2016), México (2016), Panamá (2015), Perú (2014), Paraguay (2016), El Salvador (2016), Uruguay (2016). Y del TCdata360 del Banco Mundial.

Nota: El indicador de acceso al servicio de conocimiento, comunicación y entretenimiento se calcula en base al promedio simple de sus subindicadores: acceso a computador, acceso a conexión de internet, acceso a un teléfono celular, acceso a televisor.

El indicador regional se calcula: población que tiene acceso al servicio/población total de los países que tienen información para cada servicio. De esta forma se evita utilizar el promedio simple regional.



**Gráfico 11: Desagregación del servicio de conocimiento, comunicación y entretenimiento**

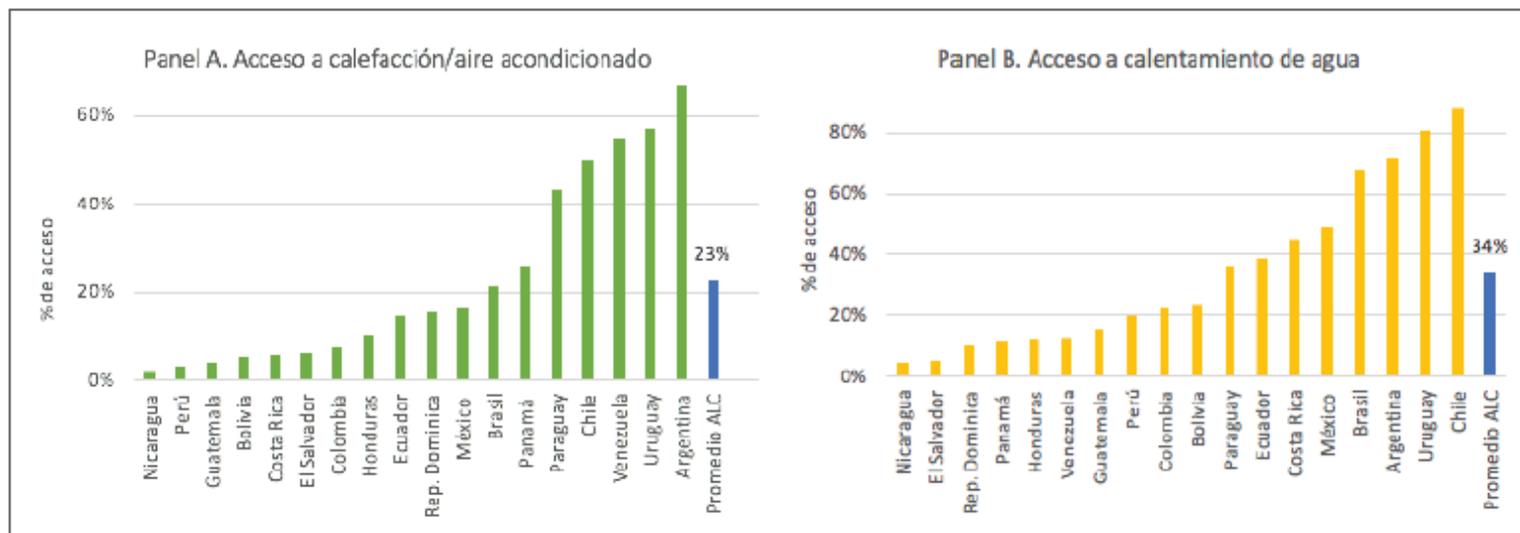


Fuente: Fuente: elaboración propia con información de las Encuestas de Hogares Continuas (armonizadas): Bolivia (2014), Brasil (2015), Chile (2011), Colombia (2016), Costa Rica (2017), República Dominicana (2016), Ecuador (2016), El Salvador (2016), Honduras (2016), México (2016), Panamá (2015), Perú (2014), Paraguay (2016), El Salvador (2016), Uruguay (2016). Y del TCdata360 del Banco Mundial. El porcentaje de acceso a televisor es obtenido de la base de datos de LAPOP 2018-2019.

Nota: los indicadores regionales de ALC, son promedios simples de los países que disponen información.



**Gráfico 13:** Climatización de la temperatura ambiente y de agua en el hogar

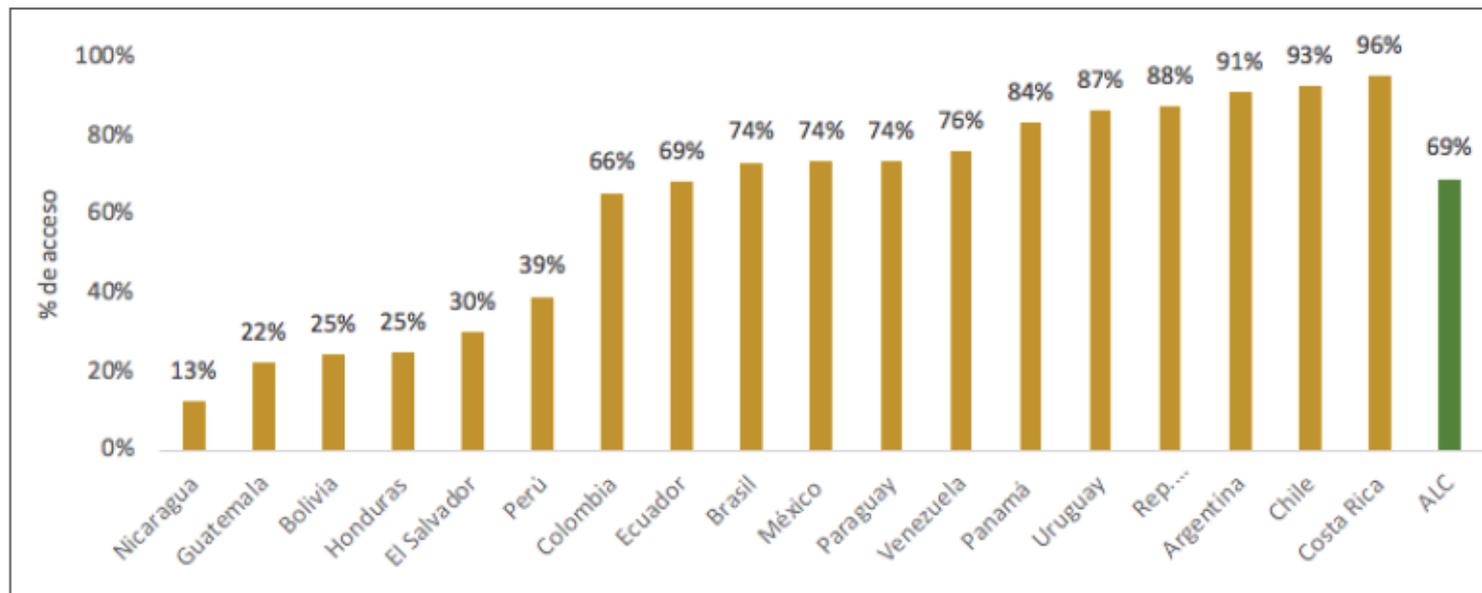


Fuente: Elaboración propia en base a datos de Latinobarómetro 2018

Nota: El indicador de ALC es resultado de un promedio simple entre los países que disponen información.



**Gráfico 14:** Acceso al servicio de lavado de ropa



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Latinobarómetro 2018



### CLIMATIZACIÓN

**36 %**

Alrededor de 4 de cada 10 latinoamericanos tienen acceso



### CONOCIMIENTO-COMUNICACIÓN-ENTRETENIMIENTO

**66 %**

Alrededor de 7 de cada 10 personas

### COCCIÓN DE ALIMENTOS

**87 %**

Alrededor de 9 de cada 10 personas



### REFRIGERACIÓN DE ALIMENTOS

**88 %**

Alrededor de 9 de cada 10 personas

### LAVADO DE ROPA

**70 %**

Alrededor de 7 de cada 10 personas



### ILUMINACIÓN

**97 %**

que equivale al porcentaje de cobertura eléctrica



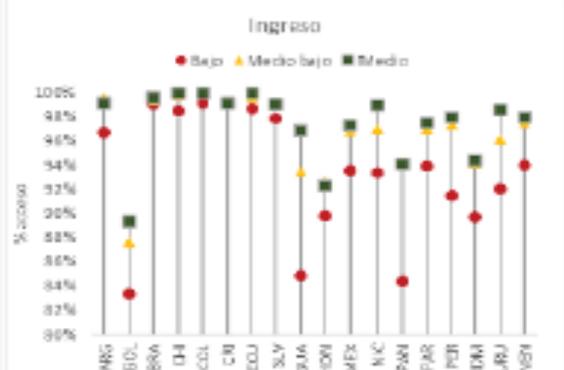
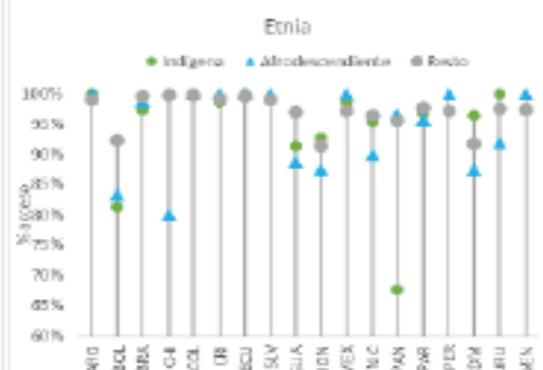
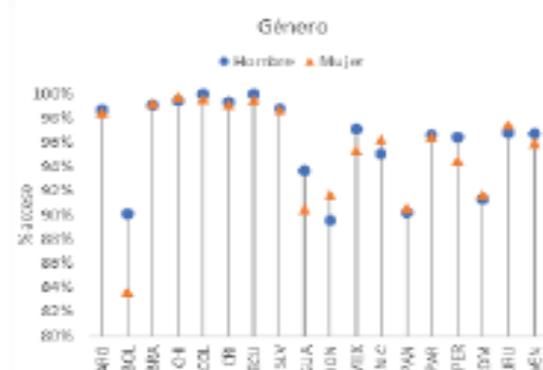
**Cuadro 3: Población estimada sin acceso a los servicios de energía**

País	Iluminación Cobertura eléctrica-2018	Cocción de alimentos 2016	Refrigeración de Alimentos*	Conocimiento, comunicación, entretenimiento*	Climatización 2018	Lavado 2018
Argentina	536,770	709,778	2,617,308	10,644,140	13,594,741	3,870,642
Bahamas						
Barbados	573	1,605				
Belice		57,996				
Bolivia	784,952	4,070,633	5,176,832	4,844,086	9,663,042	8,518,177
Brasil	575,076	9,237,597	4,063,752	61,816,705	116,217,199	55,498,932
Chile	65,511	1,367,588	970,285	4,638,472	5,479,163	1,261,014
Colombia	1,544,459	4,077,172	6,356,614	17,094,977	42,349,342	17,022,373
Costa Rica	29,997	327,463	183,929	1,026,100	3,724,584	214,976
Ecuador	504,689	755,129	2,470,206	5,544,314	12,500,055	5,367,336
El Salvador	199,283	929,987	1,946,609	3,090,457	6,260,808	4,630,009
Guatemala	1,316,689	9,476,351		8,713,676	15,561,484	13,417,663
Guyana	71,958	198,802				
Haiti	6,819,602	10,640,432				
Honduras	1,728,540	4,226,722	3,155,169	4,383,309	7,980,527	6,758,224
Jamaica		278,810				
México	1,577,385	18,486,950	18,045,283	49,286,370	84,915,884	33,019,923
Nicaragua	284,258	3,081,611		3,384,787	6,249,374	5,633,074
Panamá	277,781	459,038	1,152,816	1,253,005	3,393,706	689,183
Paraguay	32,444	2,382,498	782,126	3,114,683	4,246,406	1,840,931
Perú	964,866	8,021,249	14,794,605	13,248,093	28,476,934	19,484,923
Rep. Dominicana	268,306	984,524	1,717,028	4,476,430	8,941,816	1,242,204
Suriname	55,641	59,845				
Trinidad y Tobago		10,285				
Uruguay	7,012	71,171	56,096	592,381	1,094,159	464,543
Venezuela	317,758	1,109,265			19,132,813	6,873,146
<b>América Latina Caribe</b>	<b>17,645,789</b>	<b>81,022,503</b>	<b>63,488,657</b>	<b>197,151,984</b>	<b>389,782,038</b>	<b>185,807,272</b>

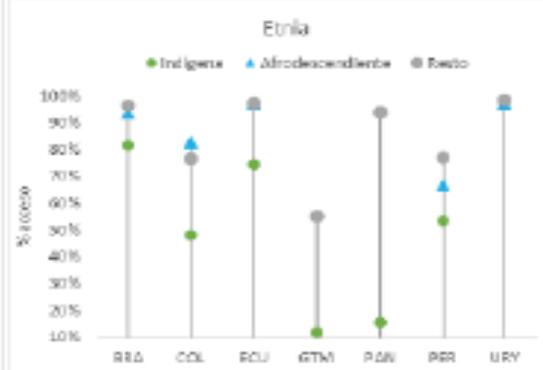
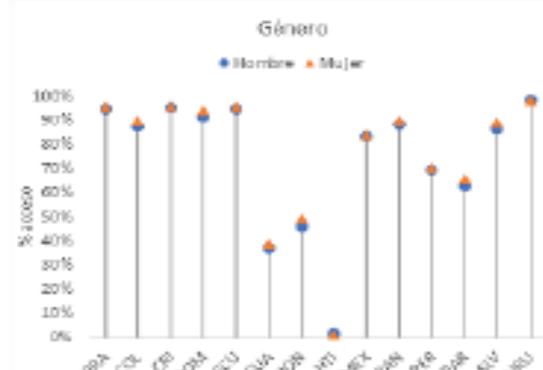


# Brechas de acceso a los servicios de energía por género, etnia y nivel de ingreso\*

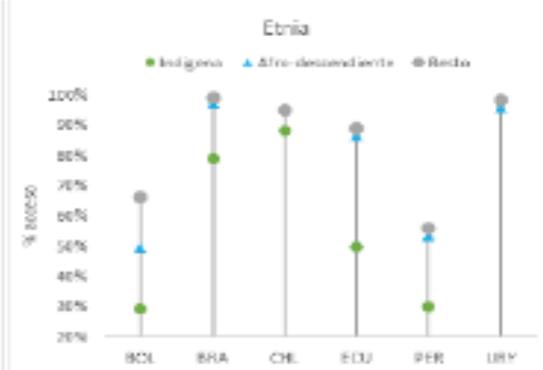
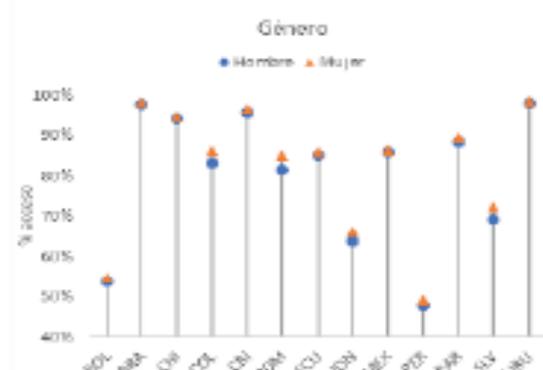
## SERVICIO DE ILUMINACIÓN



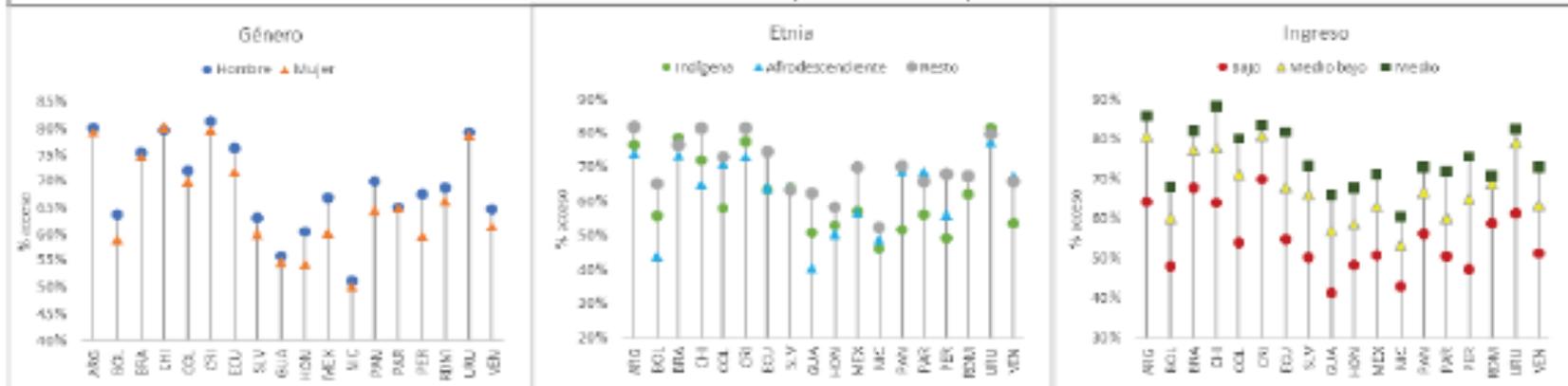
## SERVICIO DE COCCIÓN DE ALIMENTOS



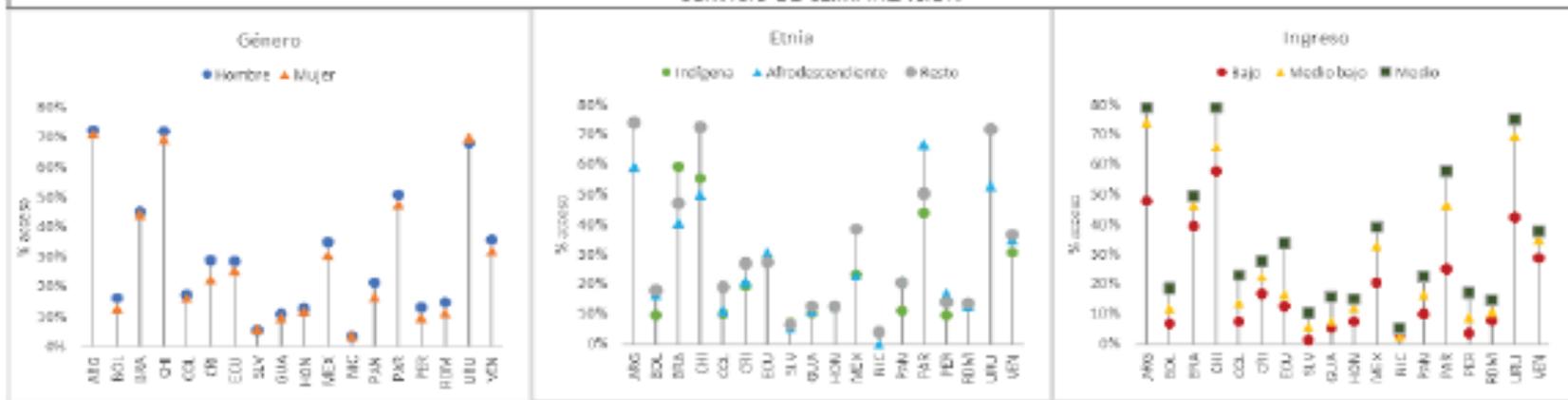
## SERVICIO DE REFRIGERACIÓN DE ALIMENTOS



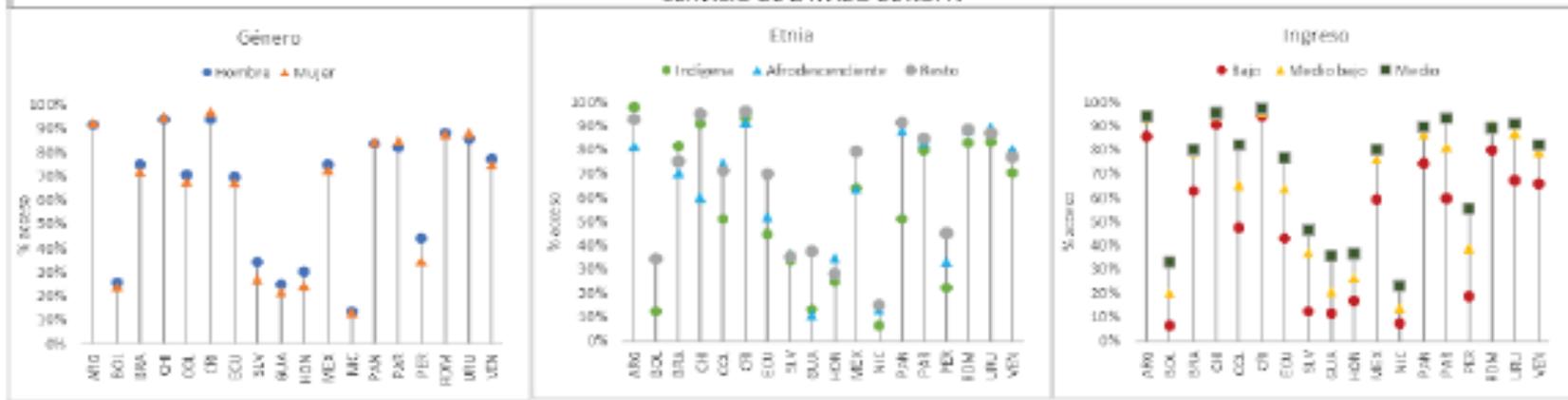
### SERVICIO DE CONOCIMIENTO, COMUNICACIÓN, ENTRETENIMIENTO



### SERVICIO DE CLIMATIZACIÓN



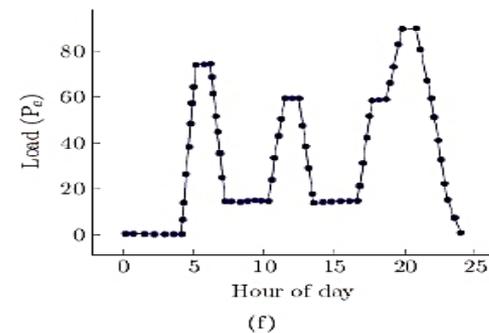
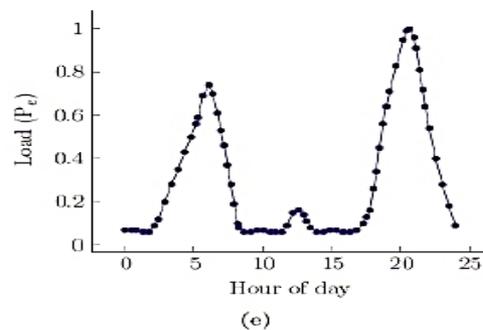
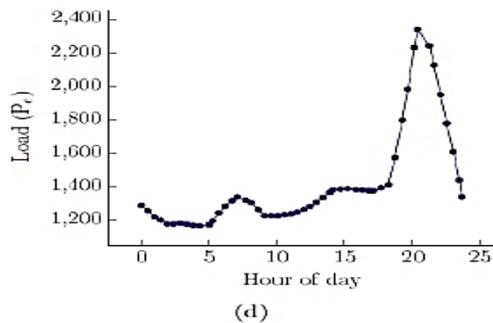
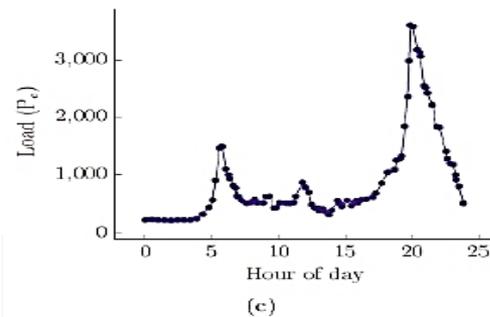
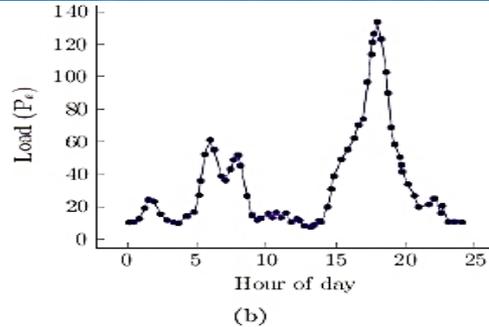
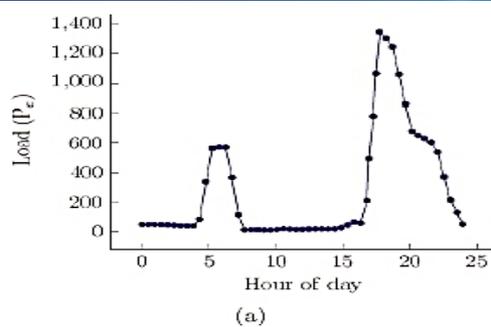
### SERVICIO DE LAVADO DE ROPA



# Ejemplo de calculadoras

- <https://www.enel.com.co/es/personas/servicio-al-cliente/calcula-gasto-electrica-con-el-simulador-de-consumo.html>
- <https://es.calcuworld.com/ahorro/calculadora-de-consumo-electrico/>
- <https://www.solartex.co/calculadora-de-consumo-electrico/>

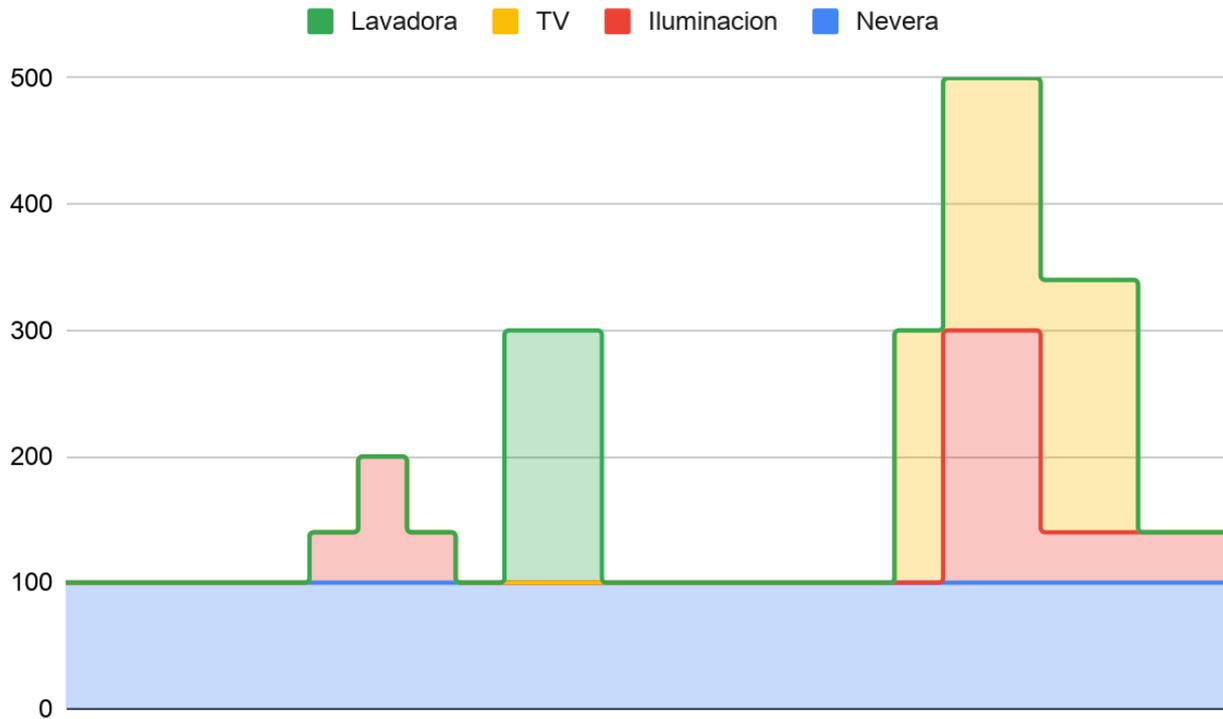




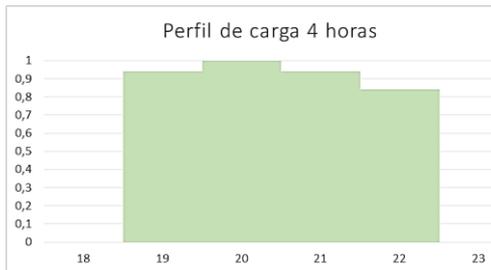
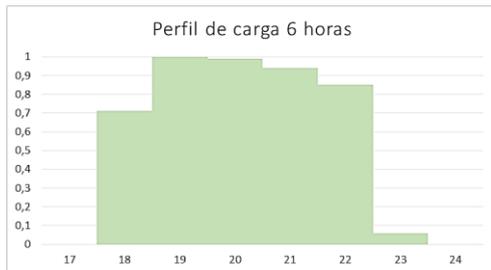
(a) Ban Pang, Praratchatan, Tailandia; (b) un asentamiento rural en Australia Occidental; (c) Alaminos, Filipinas; (d) San Juanico, México; (e) hogares rurales en la República Democrática Popular Lao y (f) Puerto Plata, República Dominicana).



# Uso de Energía en el Hogar



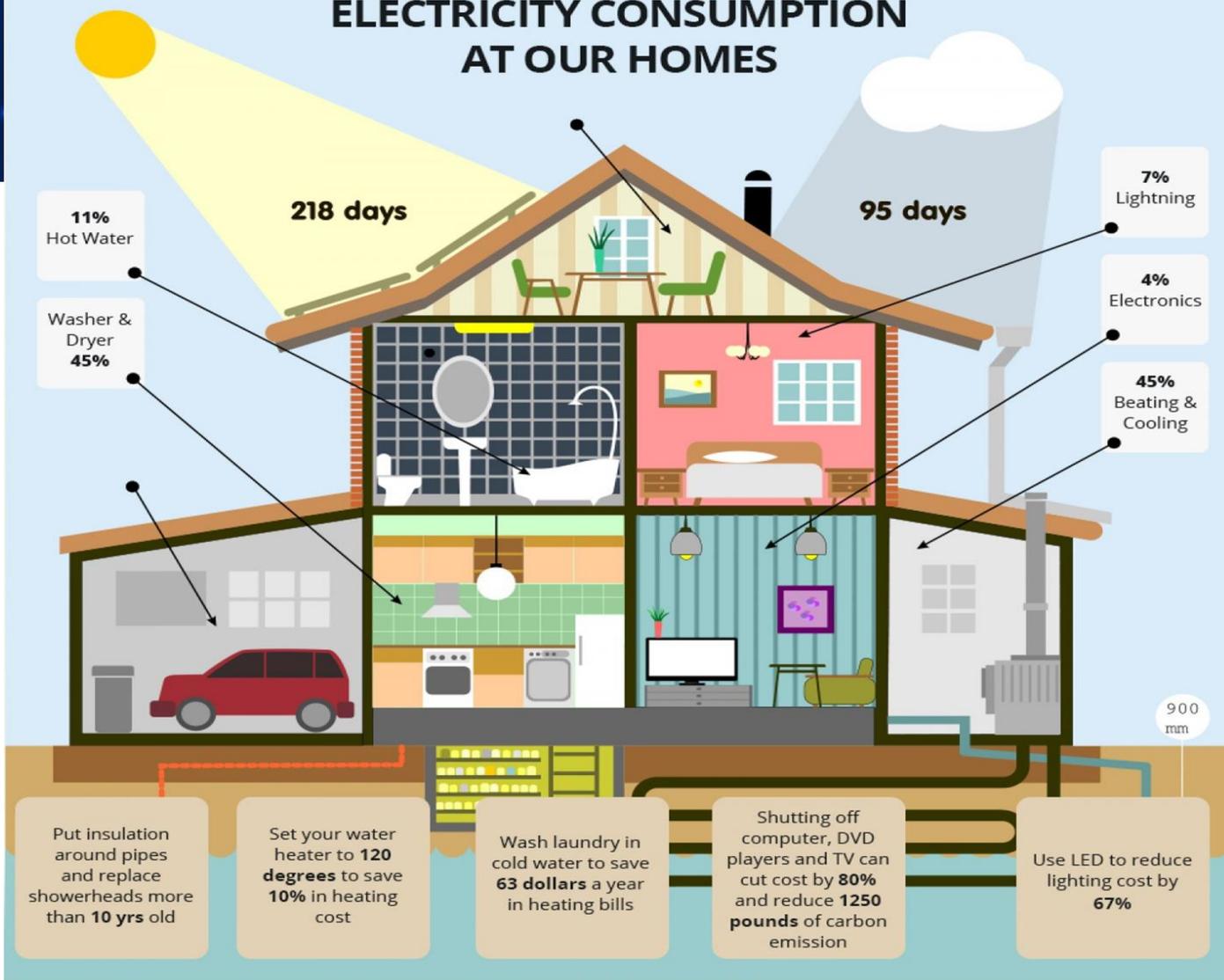
# CREG



Resolución 18-2138 de 2007 (Procedimiento para otorgar subsidios del sector eléctrico en las zonas no interconectadas) se establece que para las cabeceras y centros poblados de más de 300 usuarios la prestación del servicio será de 24, 18 y 12 horas. Para usuarios menores de 50 se propone 4 horas de servicio al día; entre 51 y 150 usuarios, 5 horas al día y entre 151 y 300, 8 horas diarias, teniendo grupos electrógenos como principal tecnología de generación.



# ELECTRICITY CONSUMPTION AT OUR HOMES



# Procesos en Homer

1. *Simulación (Un año cada hora)*
2. *Optimización (min LCOE)*
3. *Sensibilidad (que pasaría si)*



**Gracias por su atención !!!**

**¿Dudas ? ¿Inquietudes?**

**[dsgarciam@udistrital.edu.co](mailto:dsgarciam@udistrital.edu.co)**



**UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

