

# UniGRID: Laboratorio de energías renovables UNIVERSIDAD DEL NORTE



III FORO DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
NO CONVENCIONALES

CCO ANDI | MÁS PAÍS

**UN** UNIVERSIDAD  
DEL NORTE

Vigilada Mineducación

# Equipo de trabajo

## Dirección y diseño



**Javier Páez**  
Decano de  
Ingenierías



**Ingrid Oliveros**  
Coordinadora

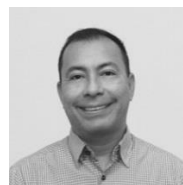


**Mauricio Pardo**  
Diseñador  
Uni-Noc



**Rafael Castillo**  
Diseñador  
Uni-Grid

## Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica



**José Soto**  
Docente TC



**Lácides Ripoll**  
Docente TC



**Gustavo Espitia**  
Docente TC



**Cesar Vilorio**  
Docente TC



**María Calle**  
Docente TC



**Cesar Orozco**  
Docente TC



**Adriana Arango**  
Docente TC



**Juan D. Pulgarín**  
Docente TC

# Equipo de trabajo

## Departamento de Ingeniería Mecánica



**Antonio Bula**  
Docente TC



**Marco San Juan**  
Docente TC

## Departamento de Ingeniería Industrial

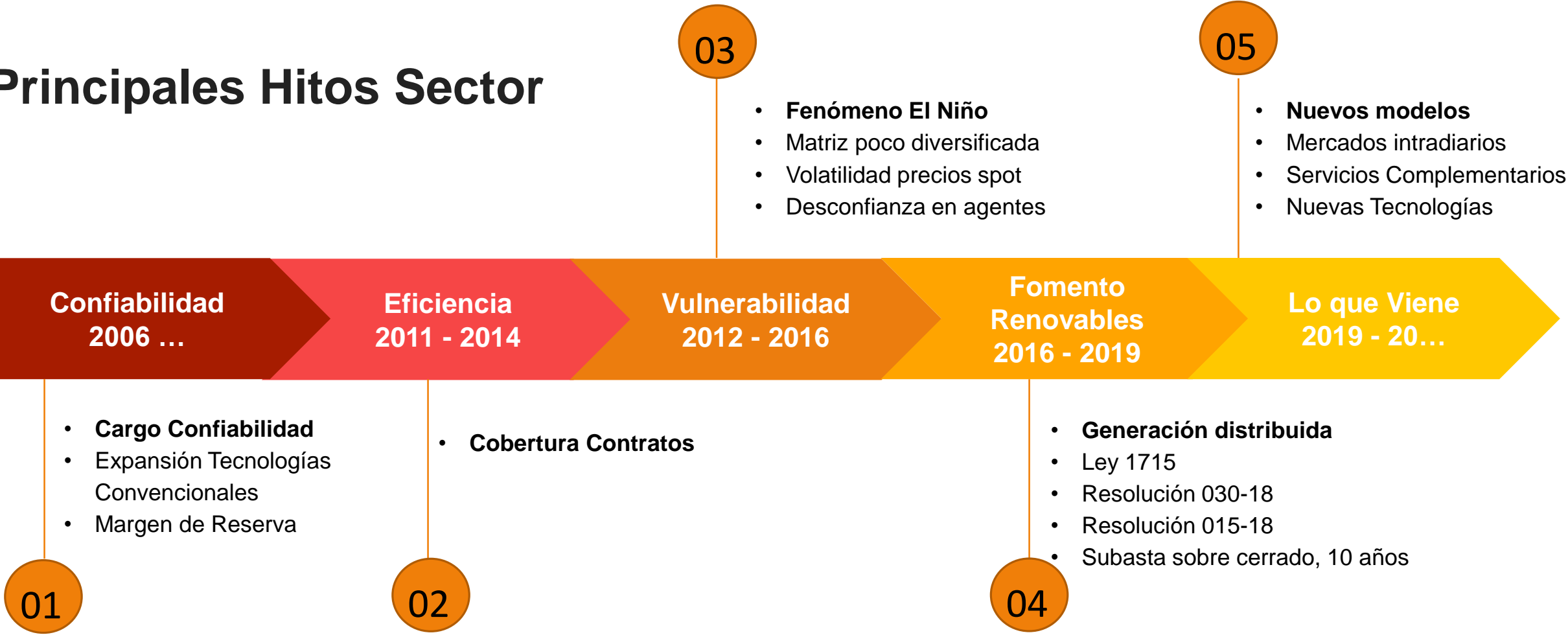


**Luceny Guzmán**  
Docente TC



**Alvin Henao**  
Docente TC

# Principales Hitos Sector



Update regulatorio ENEL



# UniGRID: Laboratorio de energías renovables UNIVERSIDAD DEL NORTE



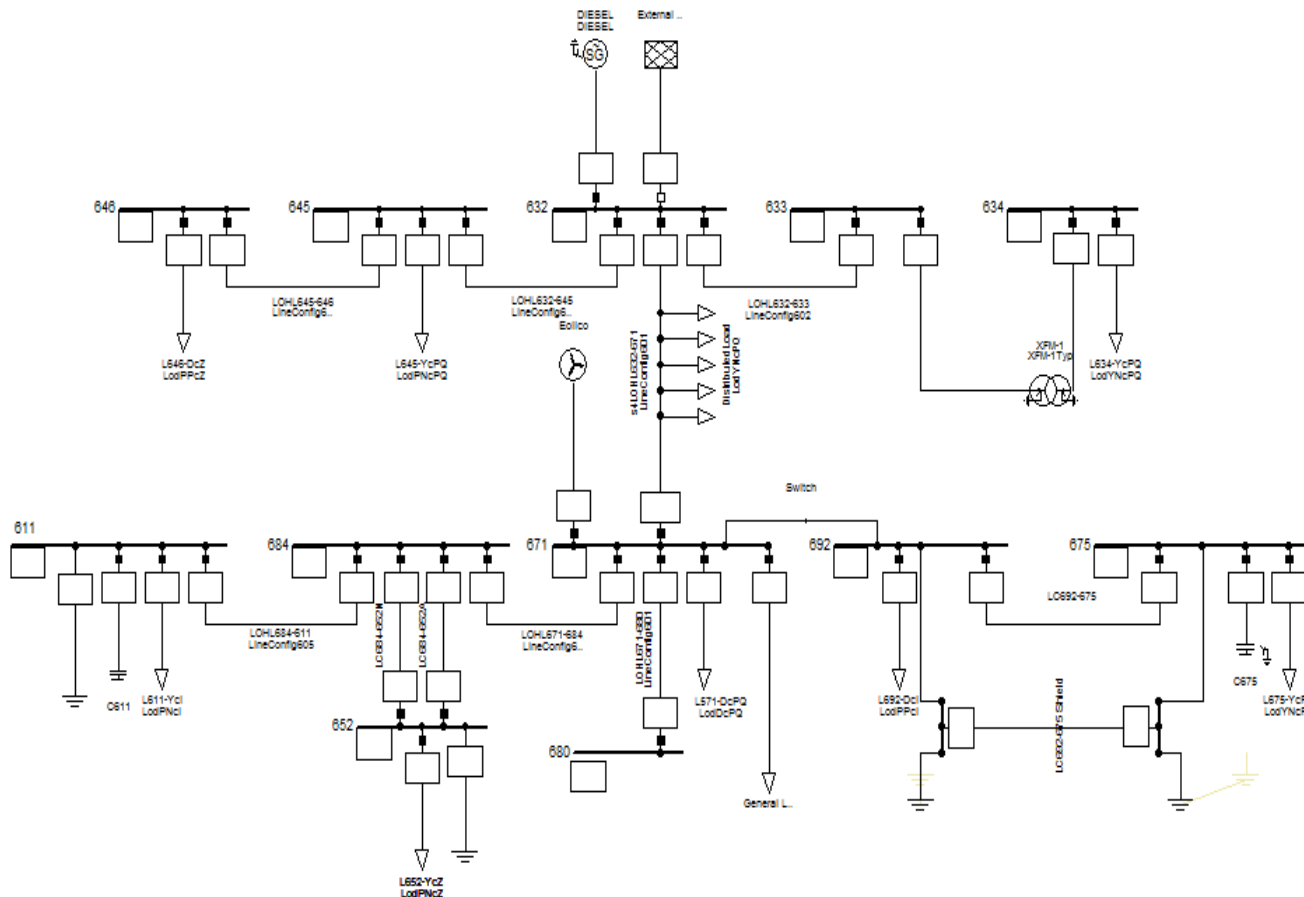
III FORO DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
NO CONVENCIONALES

CCO ANDI | MÁS PAÍS

**UN** UNIVERSIDAD  
DEL NORTE

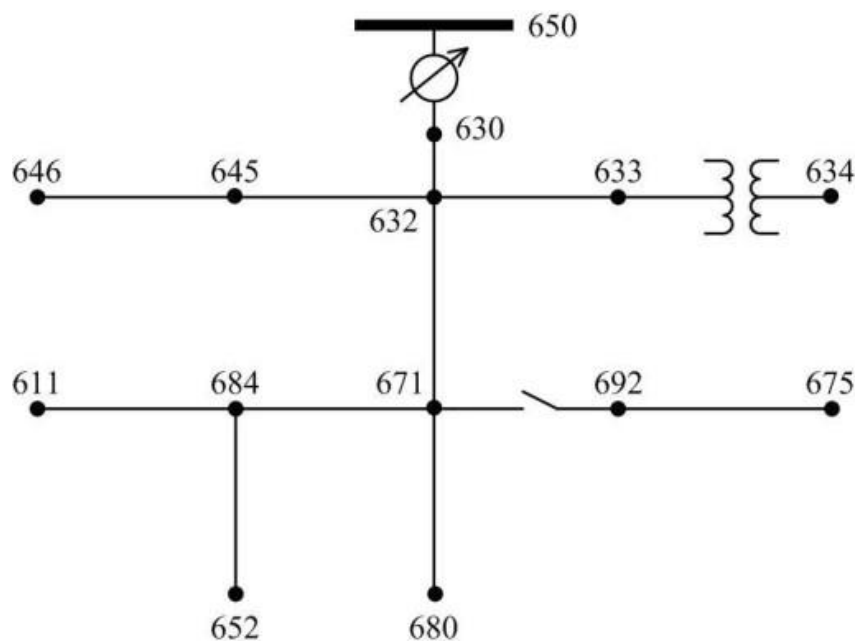
Vigilada Mineducación

## Diseño y construcción de un Sistema de distribución de energía eléctrica

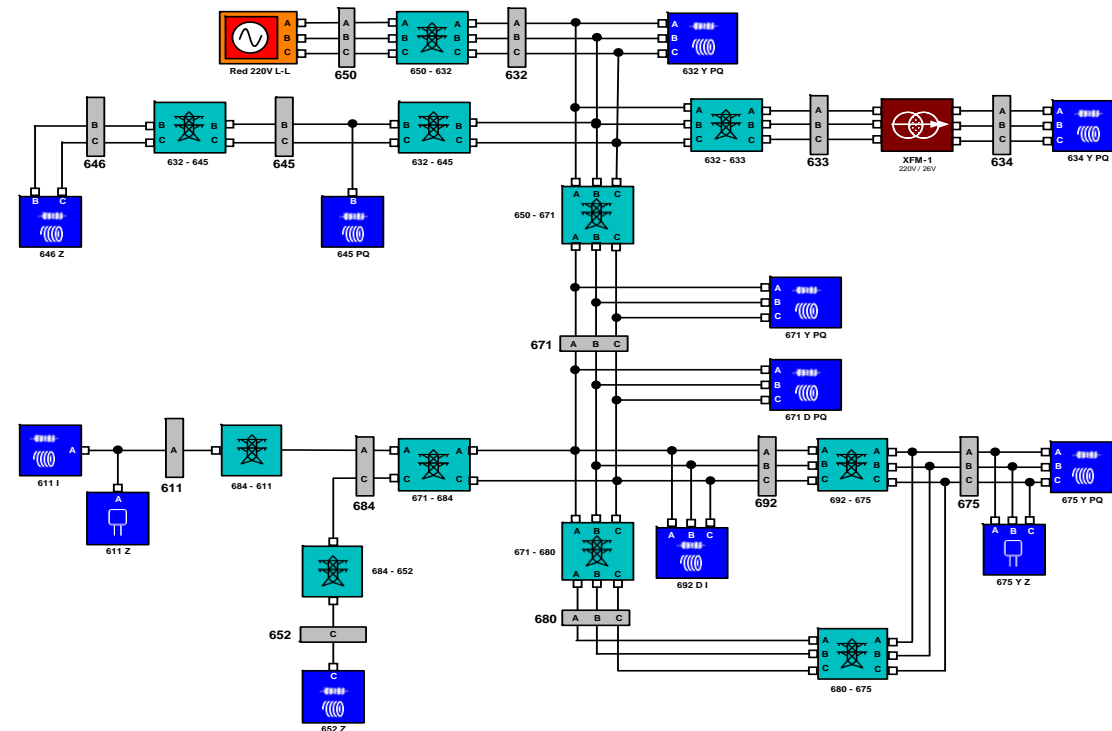




Para el diseño de la micro red, la topología seleccionada fue el modelo estandarizado IEEE 13 nodos

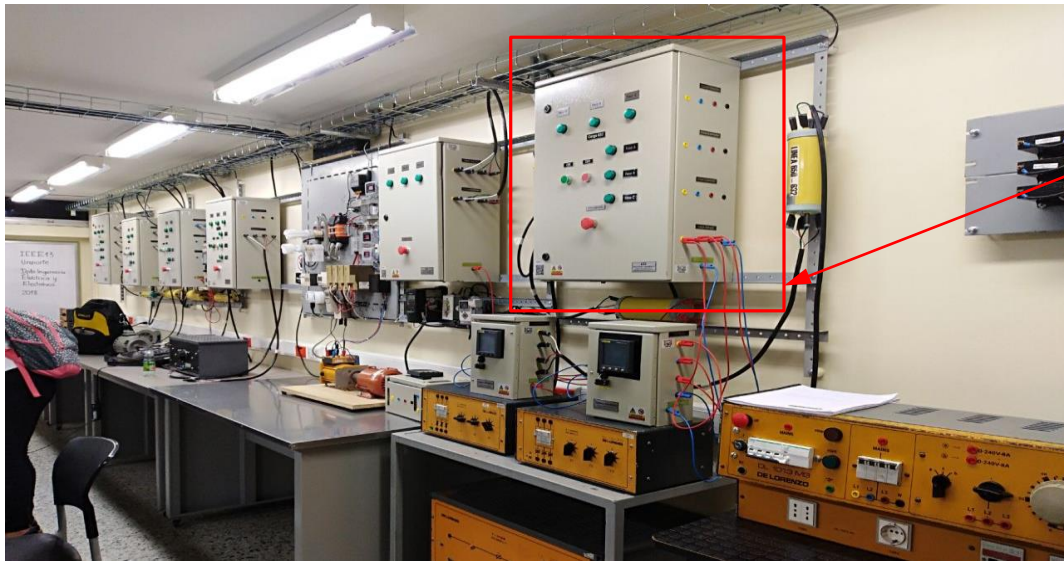


Estándar IEEE 13 nodos. [1]



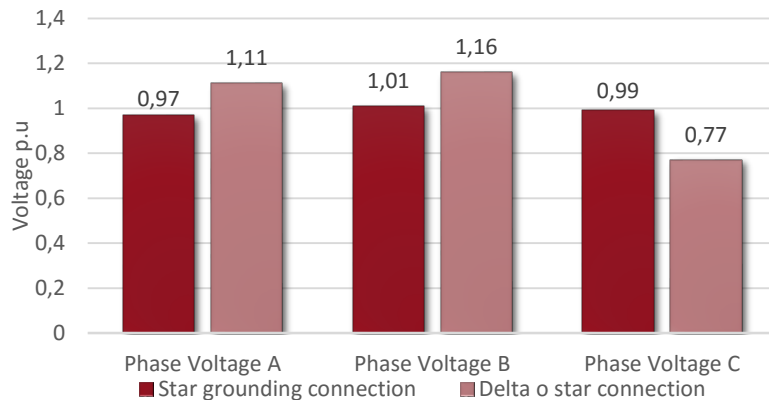
Debido a que el Sistema de distribución es implementado en los Laboratorios de Maq. Eléctricas de la Universidad del Norte, el primer paso fue escalar el nivel de voltaje del diseño original (4160 V) a 220V, siendo este el nivel de tensión manejado en el laboratorio

## DISEÑO DE COMPONENTES

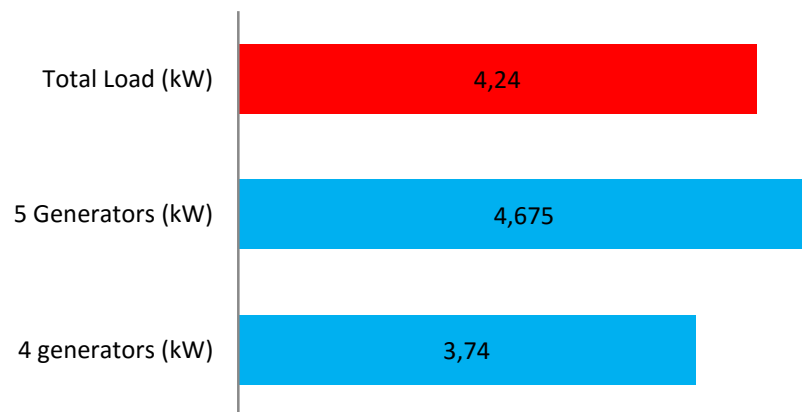




### Tensión Vs tipo de conexión

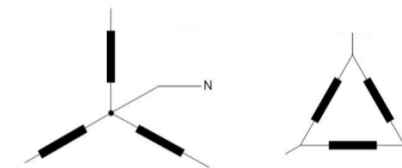


### Generation vs Load



Regulación CREG 024-2005

$$0.90 \text{ p.u} < V < 1.1 \text{ p.u}$$

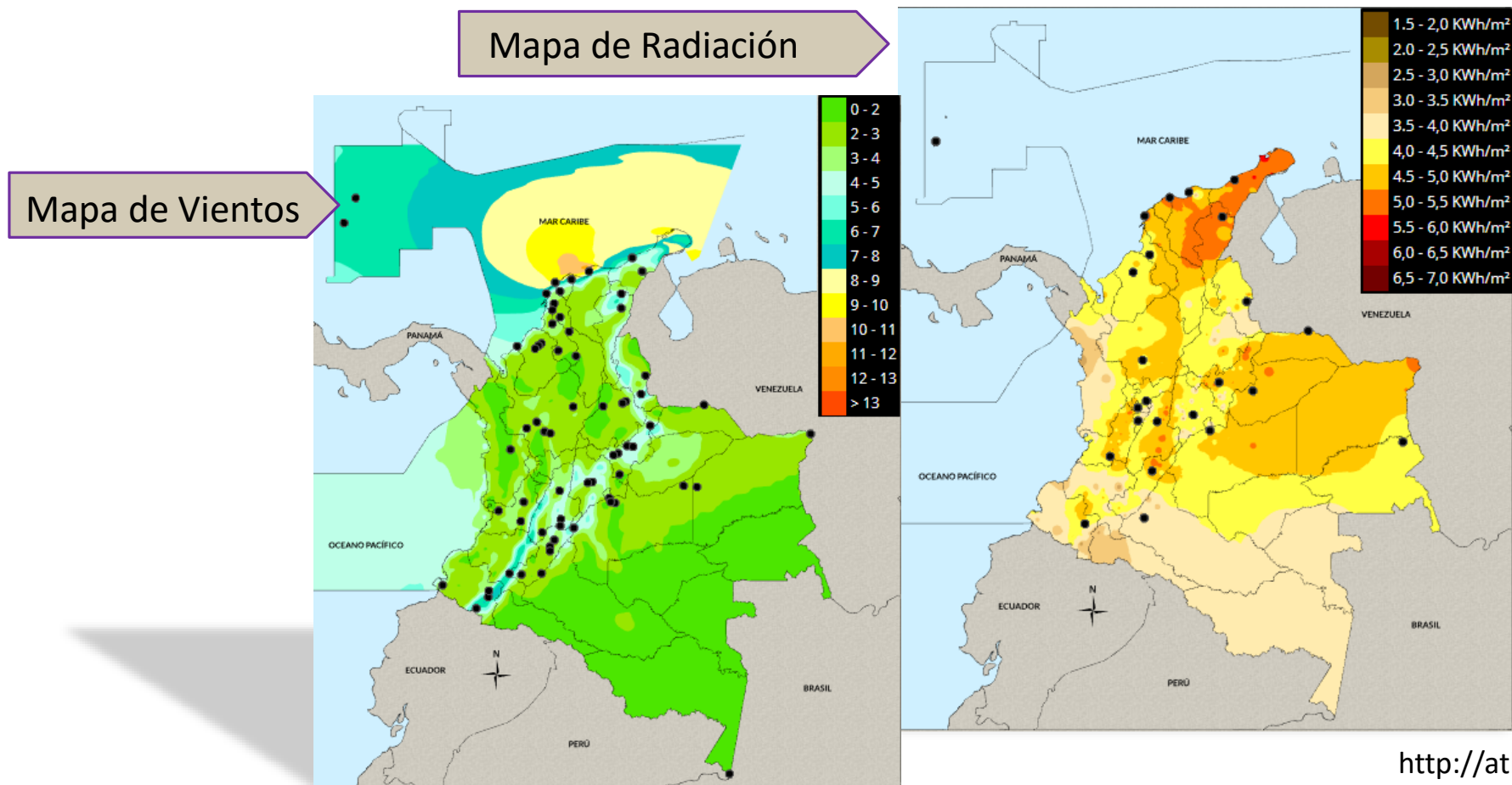


### Synchronous Generator DL 1026A

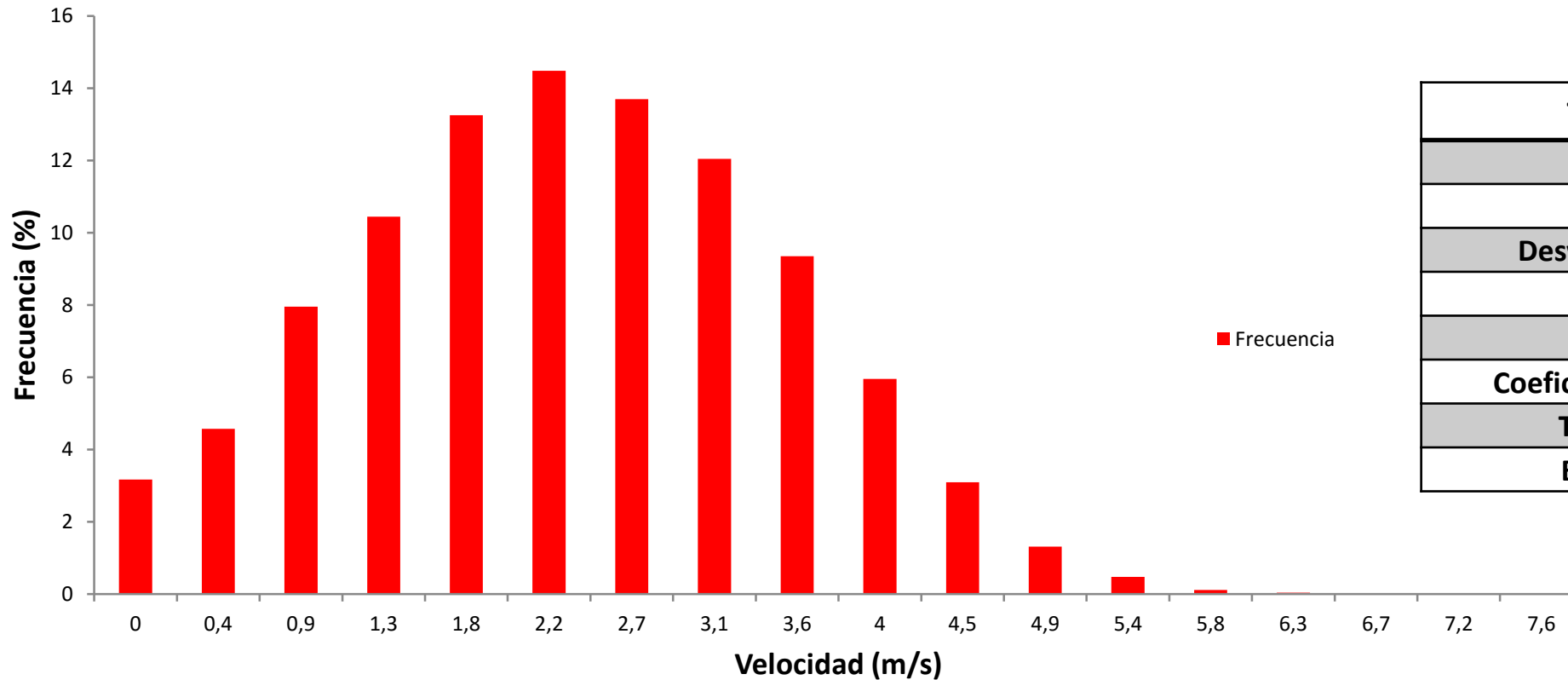
$X_s$ (p.u)	5.4	$X_d''$ (p.u)	0.4434
$X_d$ (p.u)	5.4	$X_q''$ (p.u)	0.4212
$X_q$ (p.u)	5.4	$T_d'$ (s)	0.2113
$X_d'$ (p.u)	0.8578	$T_d''$ (s)	0.0499
$X_q'$ (p.u)	1.9729	Inertia (s)	6.74

# UniGRID: Laboratorio de energías renovables UNIVERSIDAD DEL NORTE

Se deben realizar estudios de la variable energética a utilizar para determinar los límites de generación eléctrica.



# Condiciones de viento

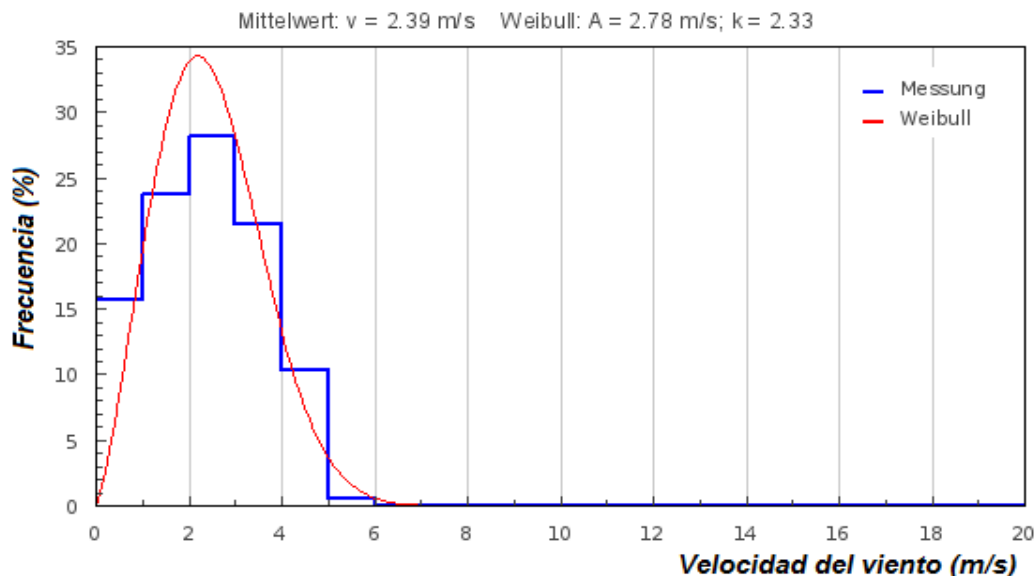


TRATAMIENTO DE LOS DATOS	
Media	2,341
Mediana	2,200
Desviación estándar	1,169
Mínimo	0,0
Máximo	7,600
Coefficiente de variación	0,499
Total de datos	57574
Estudio de los datos históricos	

Distribución de frecuencia de los datos históricos de viento. Fuente: Autores del proyecto.



# POTENCIAL EÓLICO



Distribución de Weibull de los 7 meses registrados. Fuente: Pagina Wind – Data. [5]

MES	Factor de forma $k$	Factor de escala $C$	Potencial eólico (W)
OCTUBRE	1,93	1,62	28,227
NOVIEMBRE	1,81	1,53	23,779
DICIEMBRE	2,58	2,82	148,892
ENERO	3	3,28	234,286
FEBRERO	3	3,34	247,380
MARZO	3	3,63	317,574
ABRIL	2,74	2,86	155,318
TOTAL			1155,457

Parámetros de Weibull calculados de Wind-Data y potencial eólico calculado.

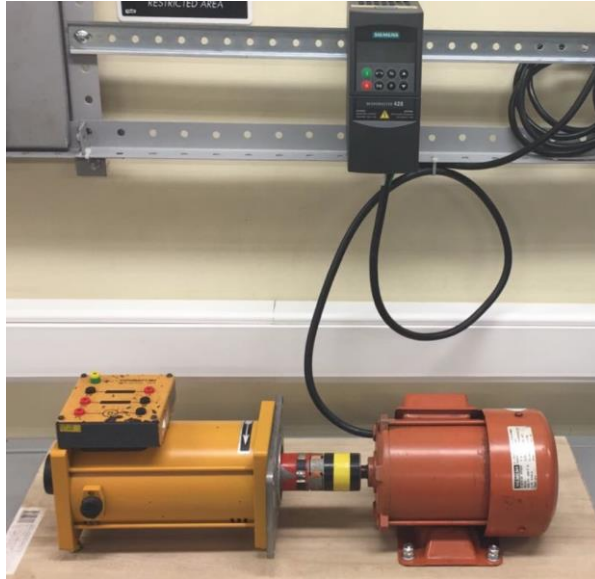
Fuente: Autores de proyecto.

## Distribución de Weibull

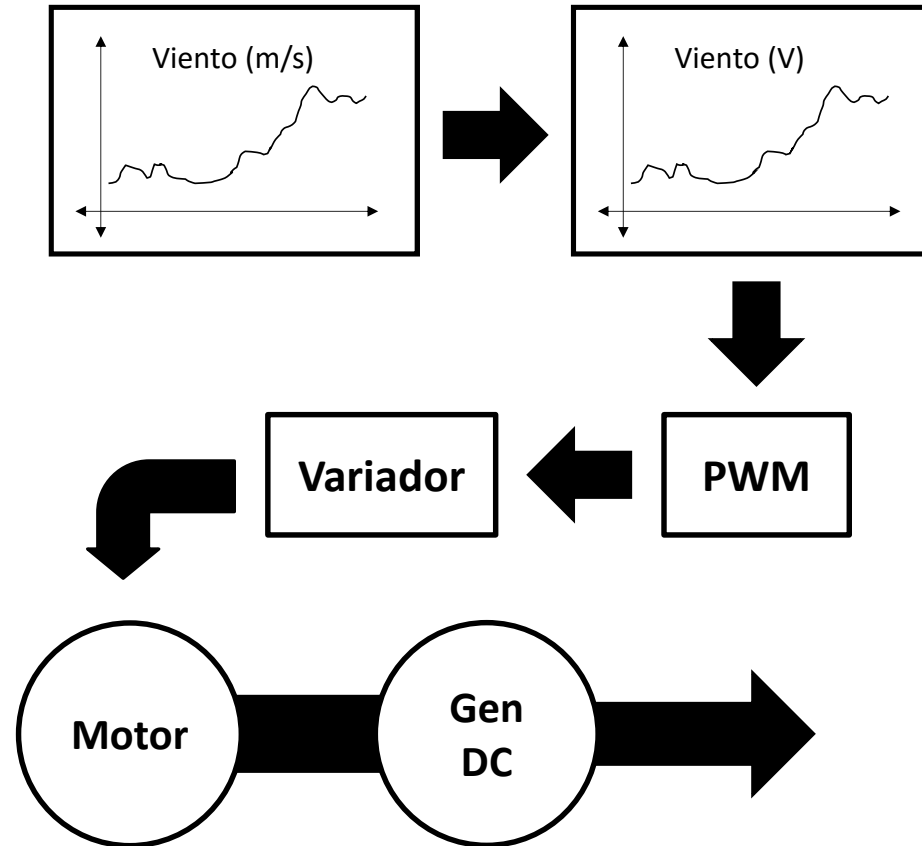
$C \rightarrow$  Velocidad promedio del viento en el lugar de estudio.

$K \rightarrow$  De 1 a 3,6 e indica el grado de dispersión de las velocidades.

# Desarrollos Uninorte



Emulador eólico



## Condiciones solares

Rank	Correspondence of the hours	
1	00:00 am – 5:59 am	6:00 pm – 11:59 pm
2	6:00 am – 6:59 am	5:00 pm – 5:59 pm
3	7:00 am – 7:59 am	4:00 pm – 4:59 pm
4	8:00 am – 8:59 am	3:00 pm – 3:59 pm
5	9:00 am – 9:59 am	2:00 pm – 2:59 pm
6	10:00 am – 11:59 am	12:00 m – 1:59 pm

Franja horaria para medición de radiación solar

### CS6P-220/225/230/235/240/245/250M

#### Electrical Data

	CS6P-220M	CS6P-225M	CS6P-230M	CS6P-235M	CS6P-240M	CS6P-245M	CS6P-250M
Nominal Maximum Power at STC (Pmax)	220W	225W	230W	235W	240W	245W	250W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	29.5V	29.7V	29.9V	30.1V	30.2V	30.3V	30.4V
Optimum Operating Current (Imp)	7.45A	7.58A	7.70A	7.82A	7.95A	8.09A	8.22A
Open Circuit Voltage (Voc)	36.9V	37.0V	37.1V	37.2V	37.3V	37.4V	37.5V
Short Circuit Current (Isc)	7.97A	8.07A	8.22A	8.34A	8.46A	8.61A	8.74A
Operating Temperature	-40°C~+85°C						
Maximum System Voltage	1,000V (IEC) /600V (UL)						
Maximum Series Fuse Rating	15A						
Power Tolerance	+5W						
Temperature Coefficient	Pmax	-0.45%/°C					
	Voc	-0.35%/°C					
	Isc	0.060%/°C					
	NOCT	45°C					

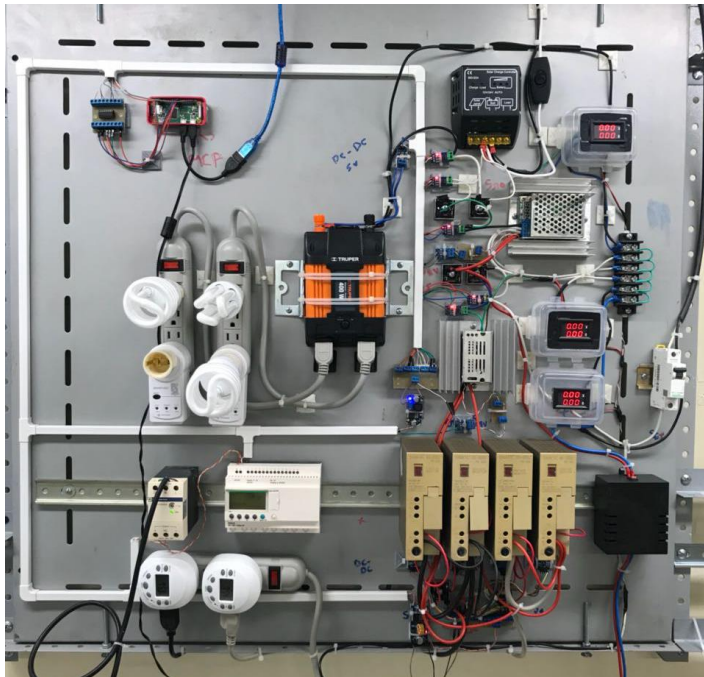
Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000W/m<sup>2</sup>, spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C



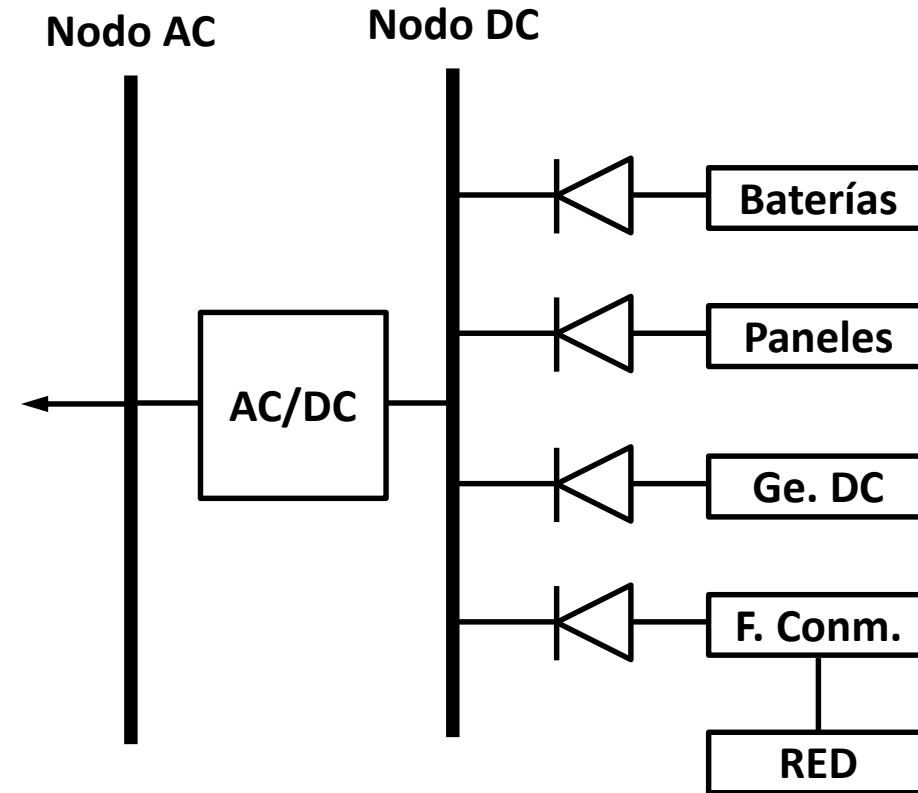
Medición de radiación y temperatura.



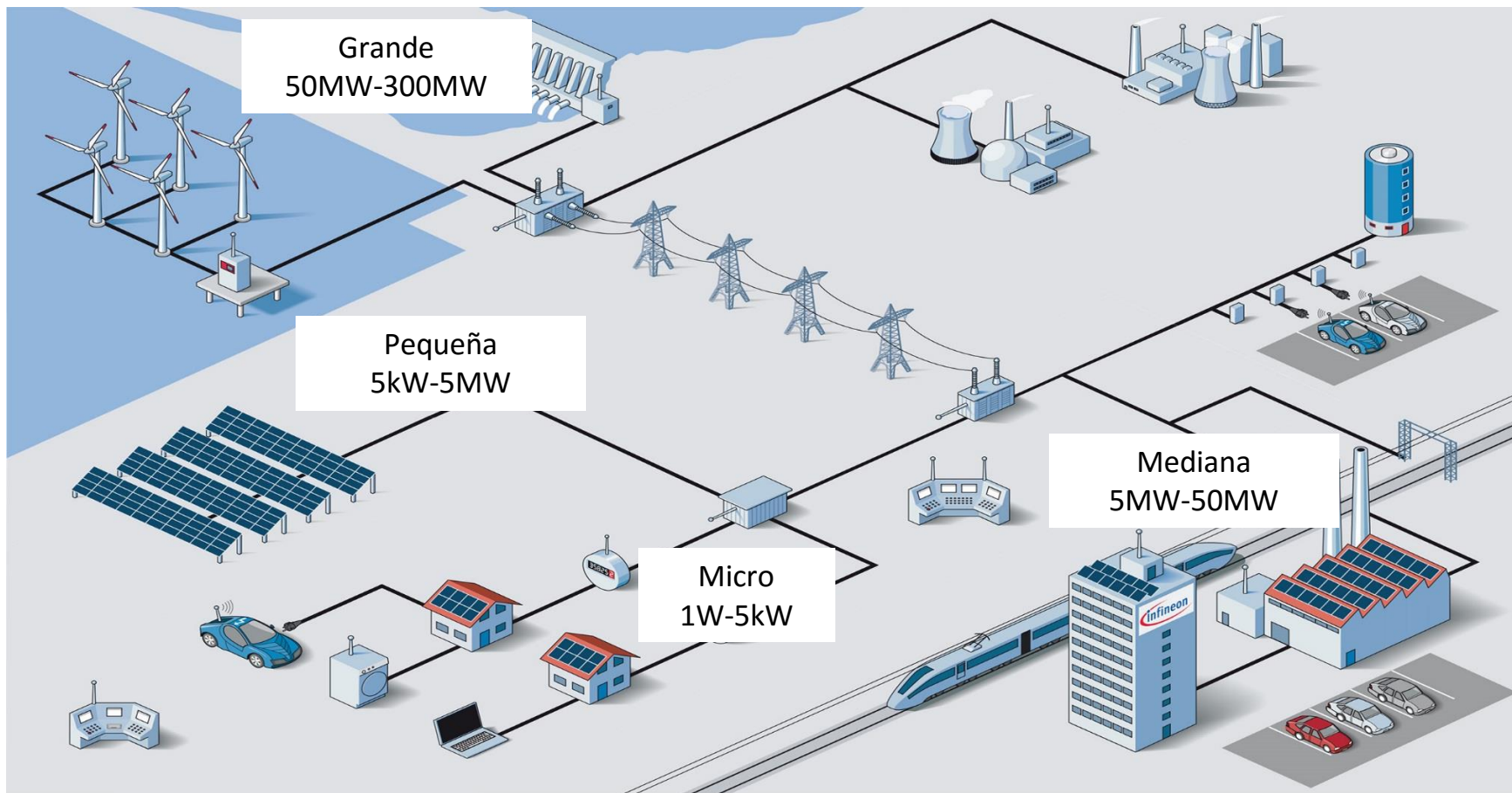
# Desarrollos Uninorte

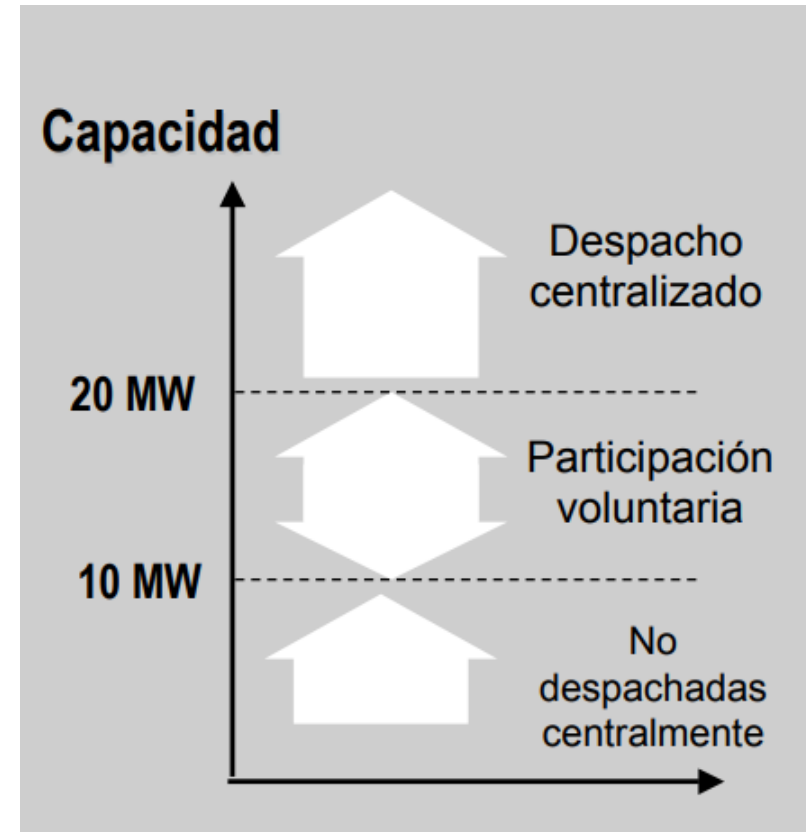


Nodo de Conmutación

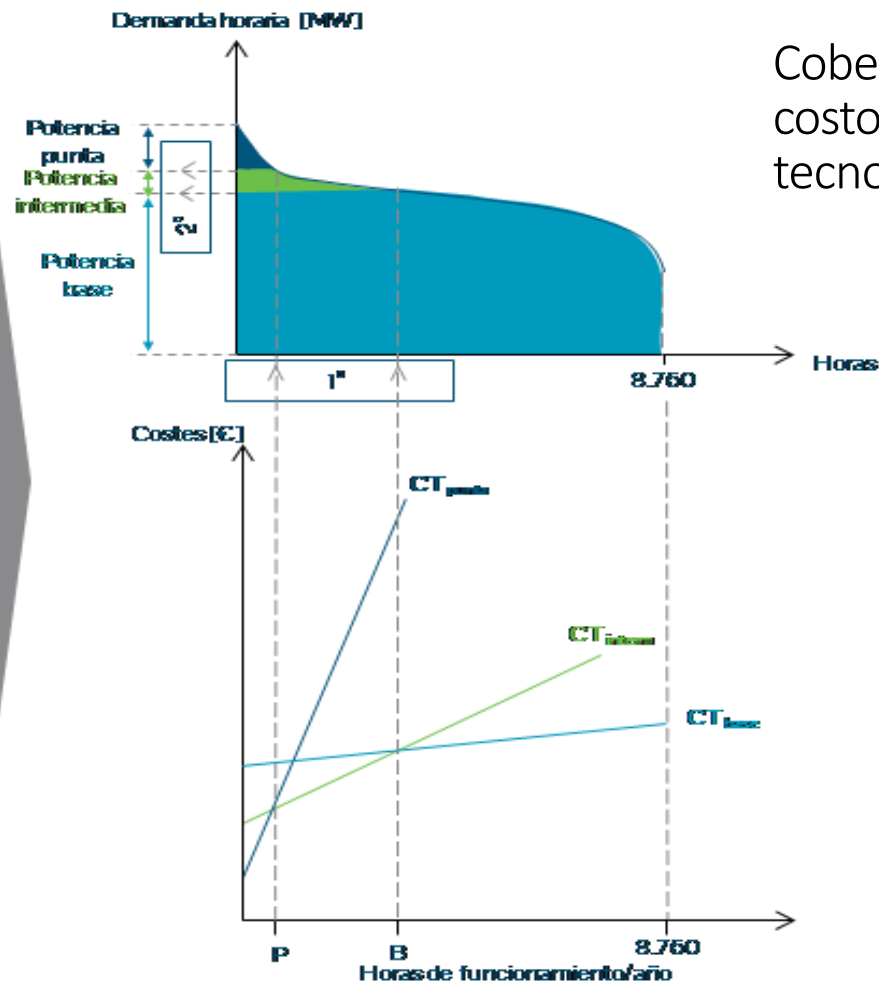
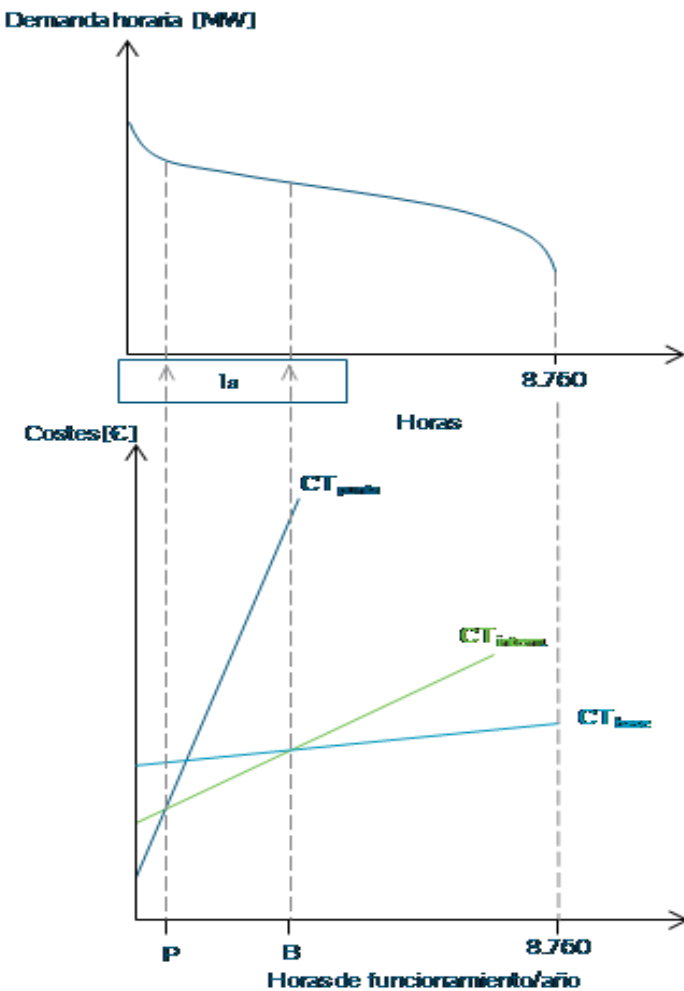


# Integración de Fuentes de Energía Renovable



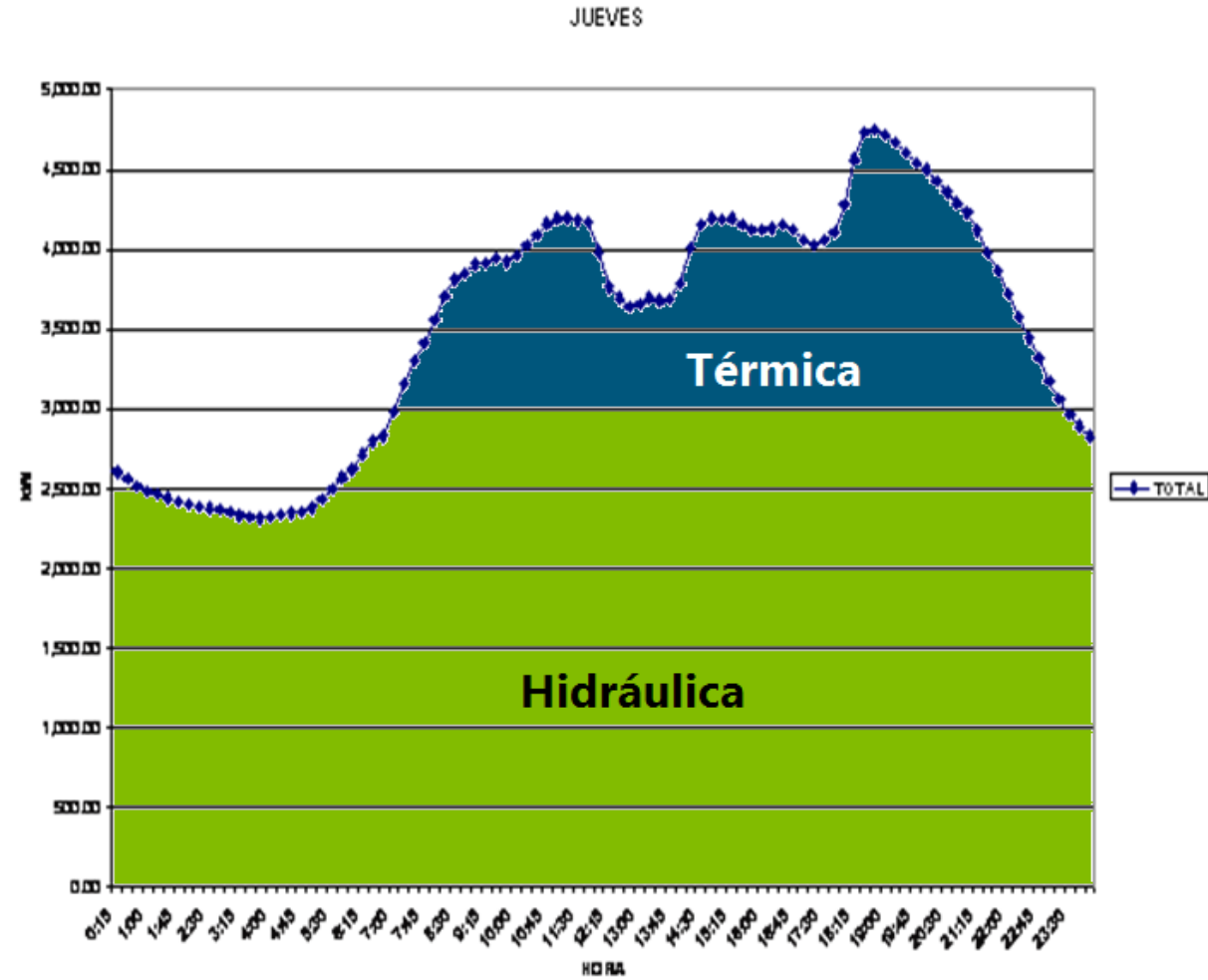


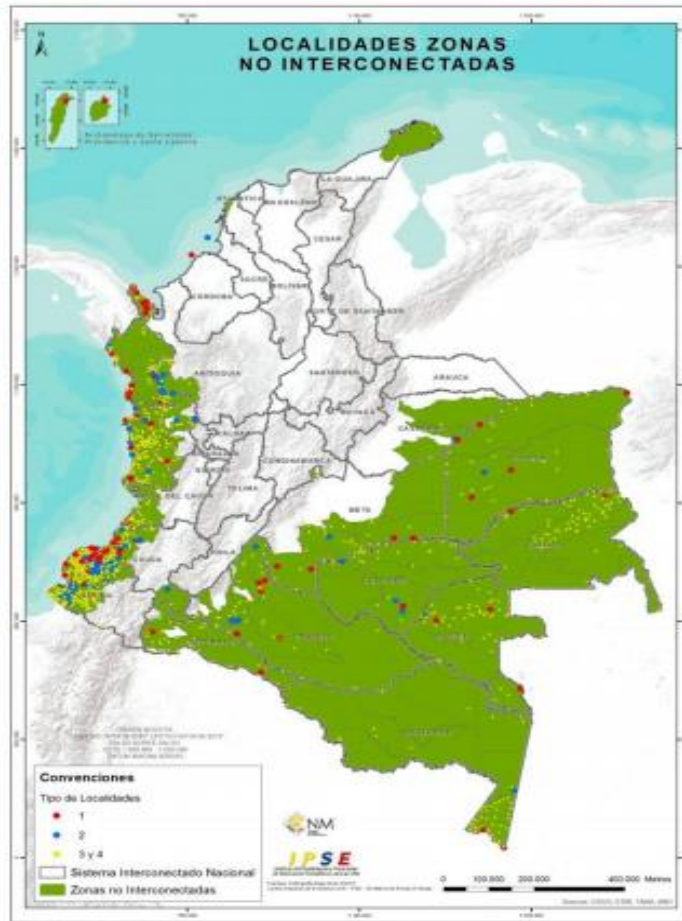




Cobertura curva monótona de demanda a mínimo costo y potencia instalada óptima de cada tipo de tecnología.

<http://www.energiaysociedad.es>





Fuente: IPSE - CNM



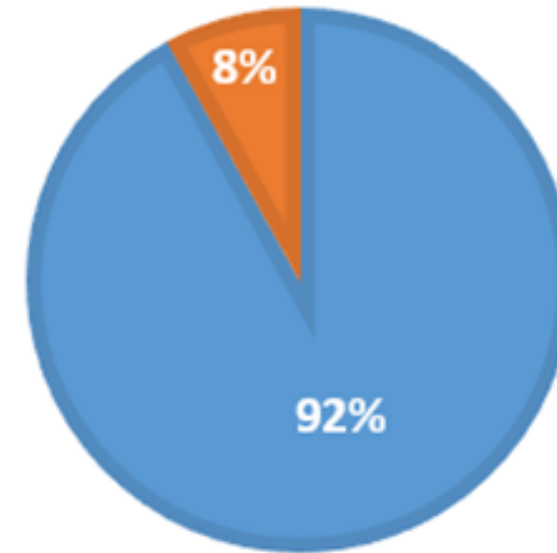
ZONA ZNI



ZONA SIN

## Potencia instalada a 2009 (180 MW)

■ Generación Diesel    ■ Generación Renovable



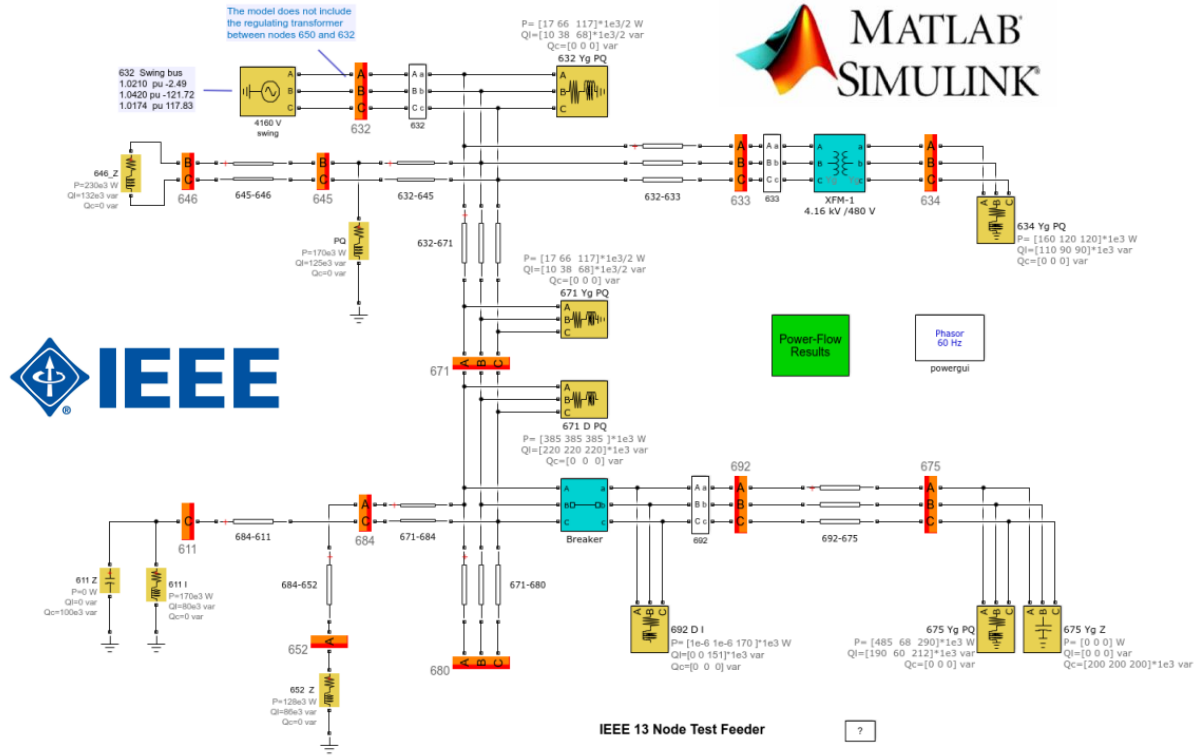
III FORO DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
NO CONVENCIONALES

CCO ANDI | MÁS PAÍS

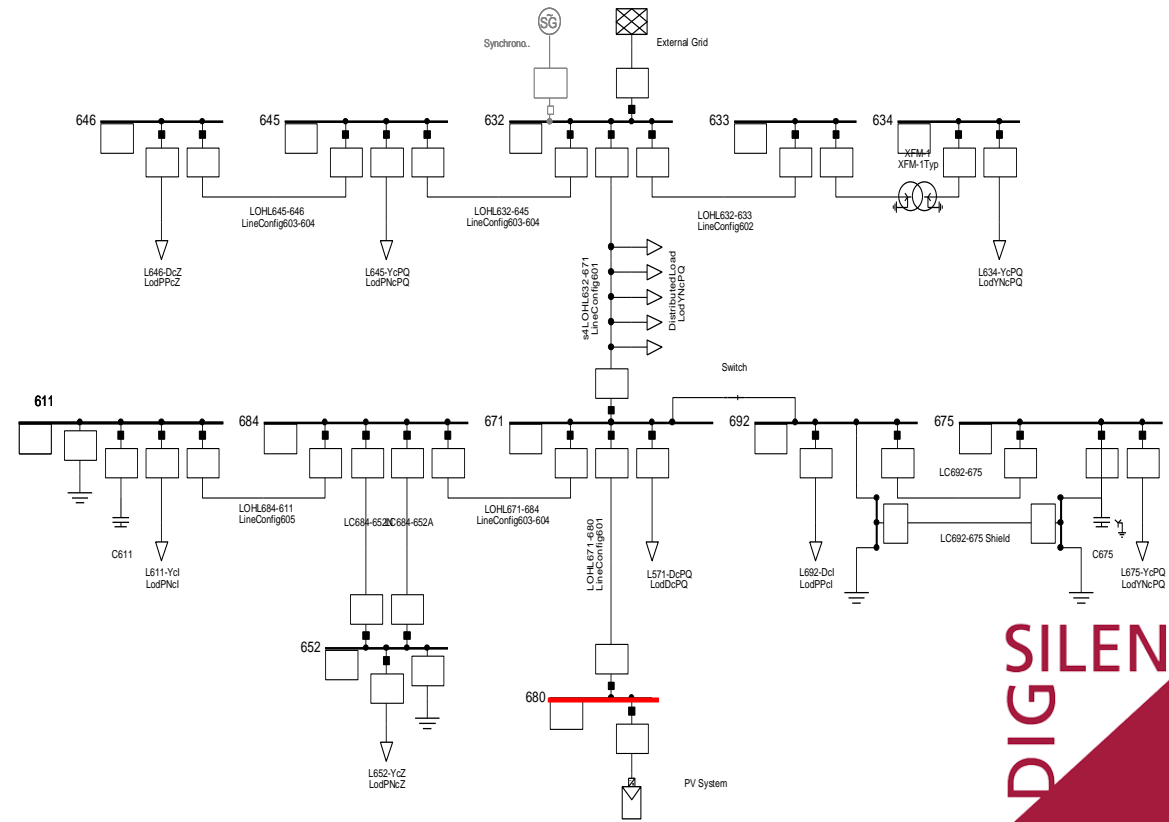
**UN** UNIVERSIDAD  
DEL NORTE

Vigilada Mineducación

# CANTIDAD Y UBICACIÓN DE LA GENERACIÓN RENOVABLE



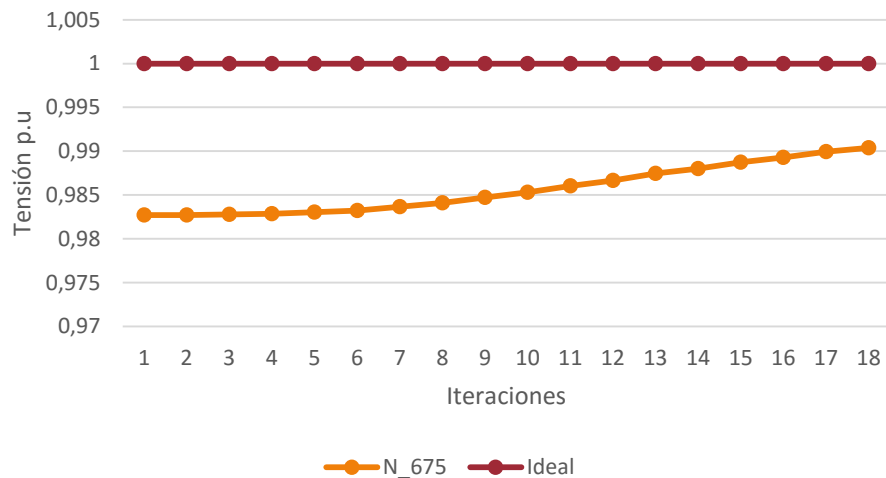
Estándar IEEE 13 nodos en Simulink. [2]





## Desarrollos Uninorte

Desviación de tensión nodo 675 fase A

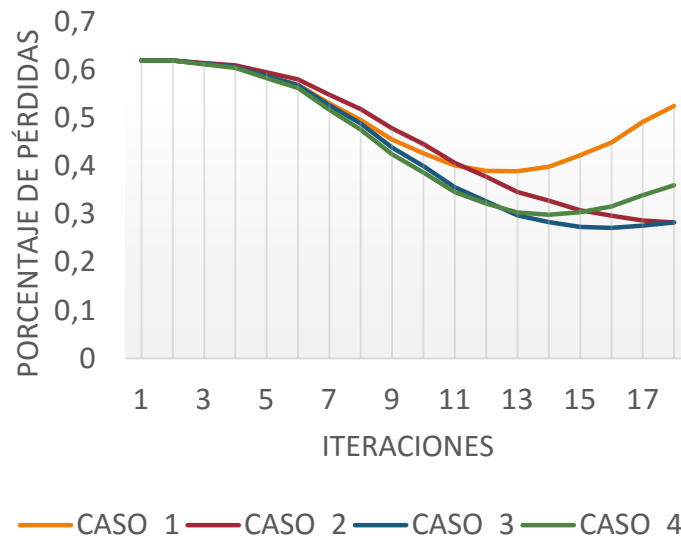


$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |(V_{ref} - V_j)|^2}$$

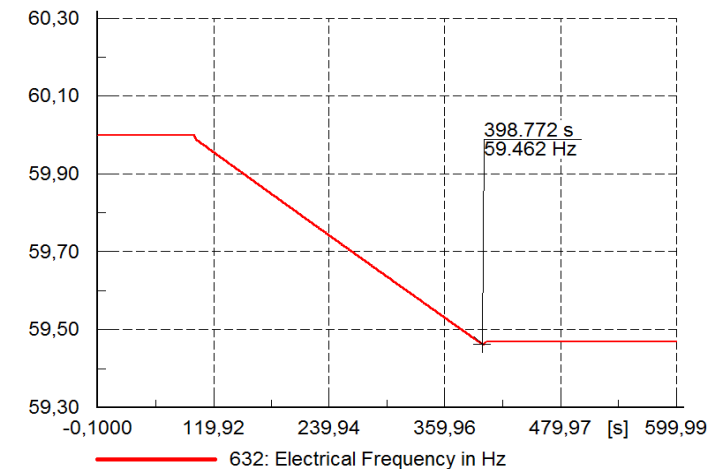
Raíz del error cuadrático medio.

Fuente: I. O. Pantoja, "Generación con fuentes no despachables." [6]

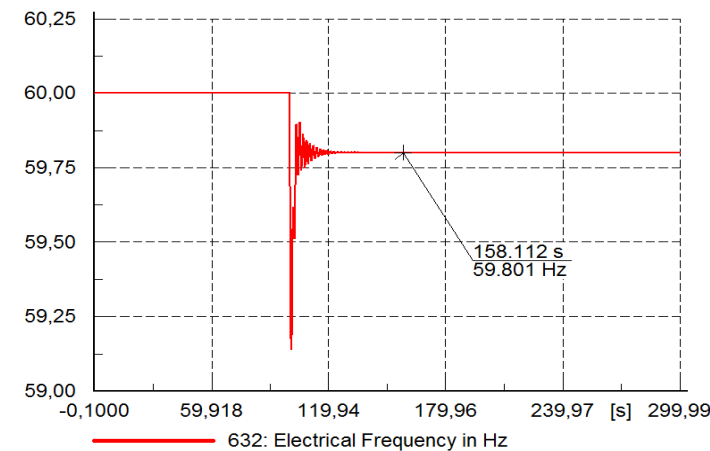
Pérdidas (%)



Análisis de las pérdidas

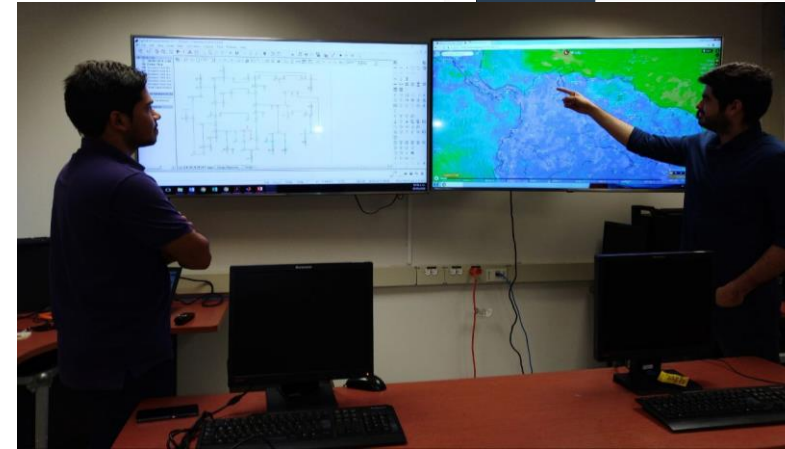
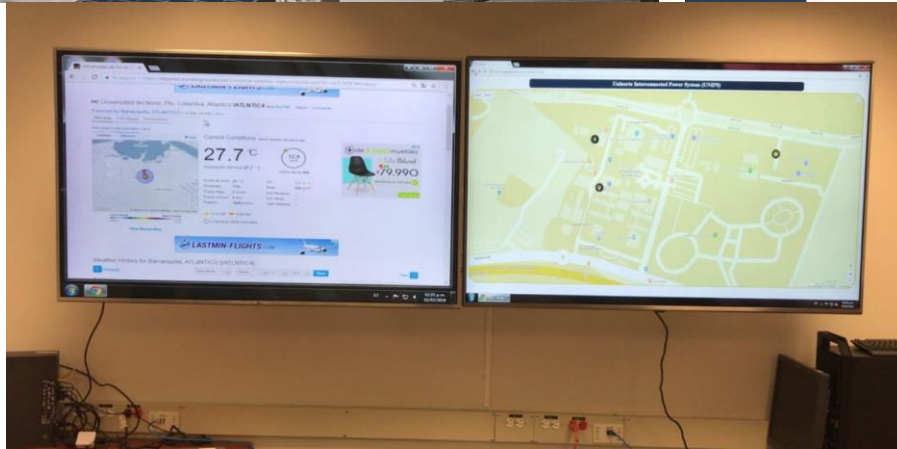
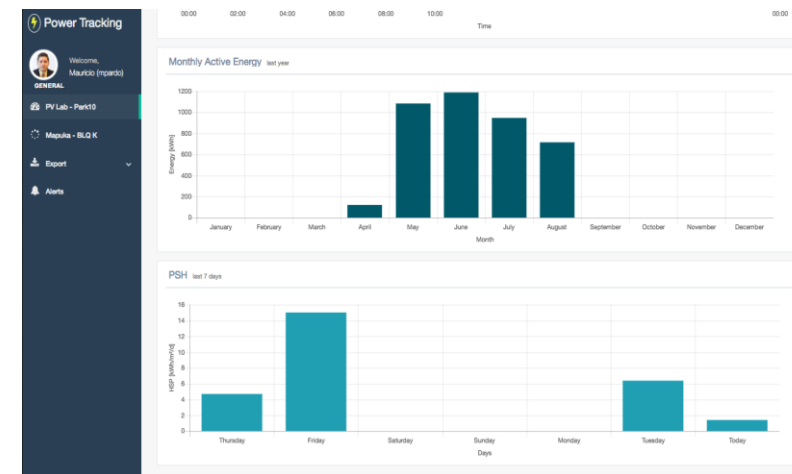
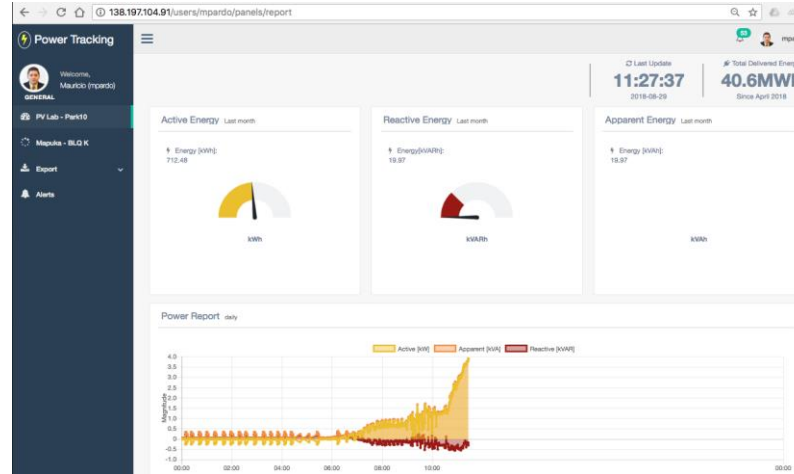
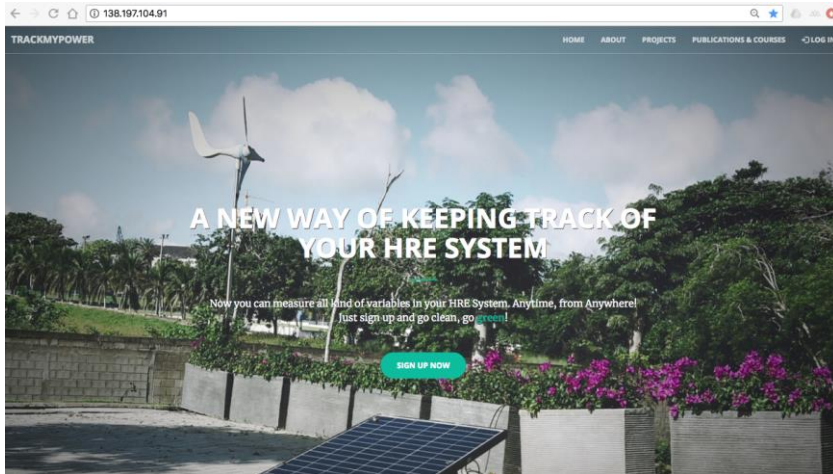


Respuesta ante fluctuaciones de viento



Respuesta ante cambio instantáneo de carga

# Desarrollos Uninorte



## Diseño de una Microred Híbrida de Fuentes Renovables y No Renovables

Plataforma de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Soluciones para entornos No Interconectados



### Gestión de recursos

- Desarrollo de una plataforma hardware/software para el modelado de la integración de pequeñas plantas de generación distribuida renovable en redes eléctricas de baja tensión de la Región Caribe para evaluación de su impacto sobre la estabilidad del sistema y el flujo energético de la red
- Análisis de desempeño de sistemas fotovoltaicos afectados por temperatura, humedad y suciedad



### Generación nuevo conocimiento

- Cesar Orozco, et al. Adaptive Impedance-Based Fault Location Algorithm for Active Distribution Networks
- Alvin Henao, et al. Impact of Introducing Flexibility in the Colombian Transmission Expansion
- Marco Sanjuan, et al. Planning Dynamic Performance of an Aiming Control Methodology for Solar Central Receivers due to Cloud Disturbances
- Luceny Guzman, et al. Measuring Reliability of Hybrid Photovoltaic-Wind Energy Systems: A New Indicator
- Ingrid Oliveros, et al. Economic impact of wind generation penetration in the Colombian electricity market
- Antonio Bula, et al. CFD Simulation of Multiphase (Liquid-Solid-Gas) Flow in an Airlift Column Photobioreactor



### Fortalecimiento de la comunidad científica

- 24 estudiantes de pregrado
- 8 estudiantes de maestría
- 5 estudiantes de doctorado
- Red de investigación internacional ESCTI (CYTED)
- Red colaborativa Universidad Politécnica de Madrid, Universidad del Sur de la Florida, Skoltech en Rusia, Intec Republica Dominicana y en instituto de investigación CIEMAT.



### Impacto social del conocimiento

- Laboratorio energía renovables Colegio Humboldt
- Toward a Smart village through solar powered desalinization for the indigenous Wayúu peoples living in the guajira península desert

*Muchas gracias*

Ingrid Oliveros Pantoja  
inoliver@uninorte.edu.co