



PROYECTO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA 4.0

**Presentación:**

# Resultado estudio de impacto circuito 1: MT

# Resultado Estudio de Impacto Circuito 1: MT

## Contenido:

1. Verificación del Sistema de Información Geográfico (SIG)
2. Retos encontrados para el modelado y simulación.
3. Consideraciones tomadas para la simulación.
4. Tipos de Estudios realizados y sus resultados.
5. Conclusiones.

## Procedimiento para la creación del estudio de impacto

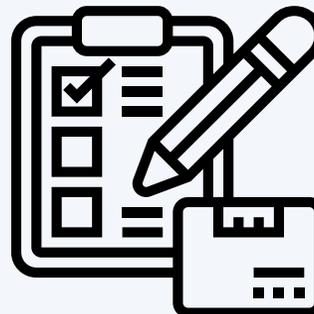
Recordemos: Un procedimiento general se puede definir mediante 4 etapas principales:



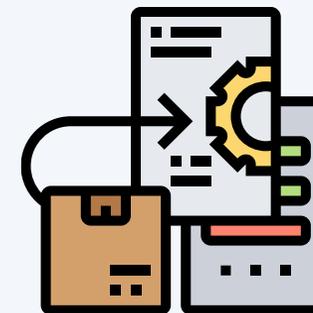
**Paso 1:** Verificación del SIG



**Paso 2:** Modelado y Simulación

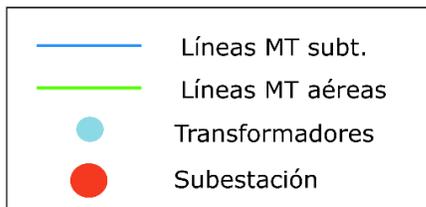
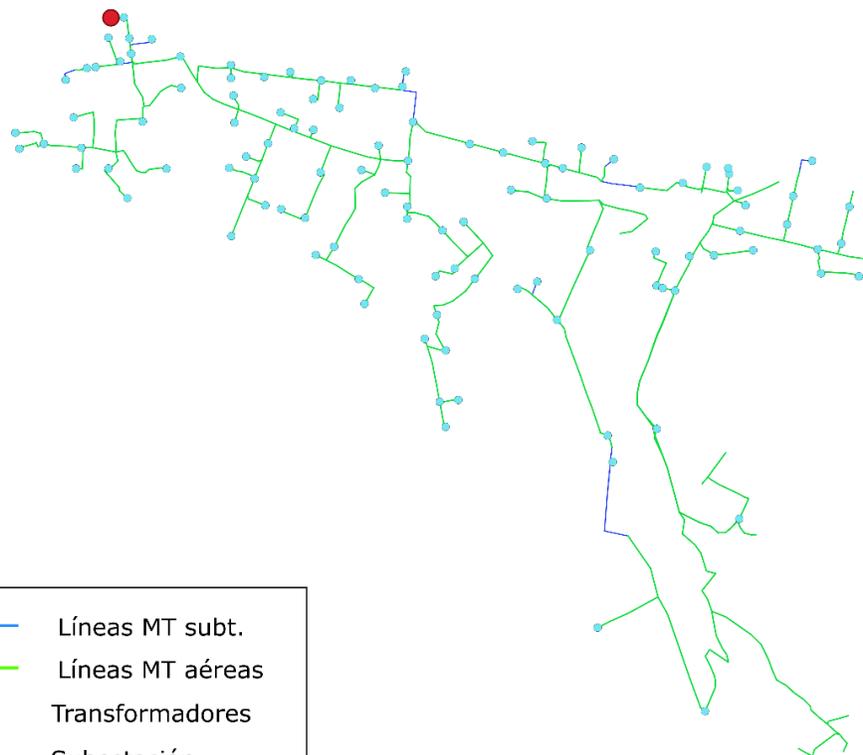


**Paso 3:** Verificación estado inicial



**Paso 4:** Corroboración de resultados

## Paso 1: Verificación del SIG



### Características:

- Niveles de tensión:
  - MT: 10.5 kV. BT: 0.22 kV/ 0.38 kV.
- Transformador subestación 55MVA.
- Se brindó la curva de subestación.
- 110 Transformadores de MT/BT.
- Líneas aéreas y subterráneas.

## Retos encontrados para la modelación.

- Dentro de la información brindada en el SIG, se tenían los siguientes retos:
  - Líneas Aéreas de tipos: AAAC, **CAAI** y Cu.
  - Líneas Subterráneas de tipos: **N2XSY**, **NKY**.
  - No se brindó información de la geometría de las líneas.
  - No se poseía información del consumo de cada uno de los transformadores, salvo el de subestación.
  - No se poseía información de las cargas ni líneas de BT.



## Retos encontrados para el modelado de líneas

- Al usar las hojas del fabricante, es posible crear el modelo para las líneas de tipo CAAI, N2XSY, NKY.
  - **CAAI y NKY:** se modelaron con un line code, calculando el GMR para los respectivos calibres que estaban presentes.
  - **N2XSY:** se modela como tipo Tape Shield.
- Al no poseer geometrías de línea, se procede a utilizar geometría típicas usadas para los estudios en Costa Rica.



# Parámetros líneas tipo CAAI



## 0.6/1kV CAAI-S Cable with / without Public Lighting

For urban and rural overhead secondary distribution networks, with voltages up to 1000 V

Model: CAAI-S  
 Brand: RMJT  
 Standards: NTP-IEC 60228; NTP 370.258;

Quantity:

[Inquire](#)

[Add to Basket](#)



Model	No of Phase	Section Area	No of strands x dia	Insulation Thickness	Max resistance at 20 °C	Section Area	Max resistance at 20 °C	Overall Dia.
		mm	mm	mm	ohm/km		ohm/km	mm
2X16	2	16	7x1.03	1,14	1,910	--	--	16
2X25	2	25	7x1.20	1,14	1,200	--	--	18
2X35	2	35	7x1.20	1,14	0,868	--	--	19
2X50	2	50	7x2,03	1,52	0,641	--	--	23
2X70	2	70	7x2,03	1,52	0,443	--	--	27
2X95	2	95	7x2,03	1,52	0,320	--	--	31
2X120	2	120	7x2,03	2,03	0,253	--	--	34
2X25+1x16	2	25	7x1.20	1,14	1,200	16	1,910	18
2X35+1x16	2	35	7x1.20	1,14	0,868	16	1,910	19
2X50+1x16	2	50	7x2,03	1,52	0,641	16	1,910	23
2X70+1x16	2	70	7x2,03	1,52	0,443	16	1,910	27
2X95+1x16	2	95	7x2,03	1,52	0,320	16	1,910	31
2X120+1x16	2	120	7x2,03	2,03	0,253	16	1,910	34
3X16	3	16	7x1.03	1,14	1,910	--	--	16
3X25	3	25	7x1.20	1,14	1,200	--	--	18
3X35	3	35	7x1.20	1,14	0,868	--	--	19
3X50	3	50	7x2,03	1,52	0,641	--	--	23
3X70	3	70	7x2,03	1,52	0,443	--	--	27
3X95	3	95	7x2,03	1,52	0,320	--	--	31
3X120	3	120	7x2,03	2,03	0,253	--	--	34

# Parámetros líneas tipo N2XSY



**N2XSY/NA2XSY**  
**6/10(12) kV**  
**SPLN 43-5/IEC 60502-2**

Copper/Aluminium conductor,  
 XLPE insulated,  
 with or without water sealing,  
 Copper wire/tape screened,  
 PVC sheathed cable

**DIMENSIONAL AND ELECTRICAL DATA**

		1 CORE															
		mm <sup>2</sup>	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630	800	
Nominal cross-sectional area		mm <sup>2</sup>	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630	800	
Conductor diameter (approx)		mm	6.05	7.1	8.25	9.9	11.7	13.1	14.3	16.3	18.2	20.9	23.7	26.6	30.3	34.2	
Nominal insulation thickness		mm	3.4														
Insulation diameter (approx)		mm	14.3	15.3	16.5	18.1	19.9	21.3	22.5	24.5	26.9	29.1	31.9	34.8	39.7	43.6	
Nominal outer sheath thickness		mm	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	
Overall cable diameter (approx)		mm	20	21	23	24	26	28	29	31	34	36	39	42	48	52	
Cable net weight ( approx)	CU	Kg/Km	700	800	1,000	1,200	1,500	1,700	2,100	2,500	3,100	3,700	4,600	5,700	7,300	9,100	
	AL	Kg/Km	500	600	700	800	900	1,000	1,200	1,300	1,600	1,800	2,200	2,600	3,300	3,900	
Standard length per-reel		m	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	500	500	500	500	
Minimum bending radius		mm	260	280	310	340	380	410	430	470	520	570	630	690	780	860	
Max. DC conductor resistance at 20 °C	CU	Ω/km	0.727	0.524	0.387	0.268	0.193	0.153	0.124	0.0991	0.0754	0.0601	0.0470	0.0366	0.0283	0.0221	
	AL	Ω/km	1.20	0.868	0.641	0.443	0.320	0.253	0.206	0.164	0.125	0.100	0.0778	0.0605	0.0469	0.0367	
Min. insulation resistance at 20 °C		MΩ.Km	1,100	1,000	900	800	700	600	500	500	400	400	300	300	300	300	
Capacitance per phase		µF/Km	0.161	0.181	0.200	0.230	0.261	0.286	0.306	0.341	0.382	0.420	0.467	0.517	0.534	0.572	
Inductance per phase	o	mH/Km	0.430	0.408	0.390	0.367	0.349	0.337	0.331	0.318	0.306	0.296	0.288	0.280	0.280	0.272	
	o o																
	o o o																
Max. short circuit current of conductor	CU	kA/sec	3.73	5.18	7.36	10.26	13.88	17.49	21.81	26.86	34.78	43.41	57.79	72.16	90.83	115.23	
Max. short circuit current of screen	AL	kA/sec	2.49	3.45	4.89	6.81	9.19	11.58	14.43	17.26	22.98	28.67	38.14	47.60	59.90	75.96	
Maximum current carrying capacity at 30 °C	in air	o	CU	162	195	234	292	354	407	460	527	621	729	815	921	1,007	1,119
		o o	AL	125	151	181	217	275	317	359	412	489	559	651	744	804	894
		o o o	CU	191	231	277	345	418	481	537	612	716	811	901	1,006	1,088	1,210
		o o o	AL	147	178	215	268	327	377	424	485	573	652	741	838	871	968
		o	CU	151	180	211	258	308	349	389	439	507	569	638	718	780	832
		o o	AL	116	138	164	201	239	272	303	344	399	450	511	574	623	664
	in ground	o o o	CU	172	204	239	2910	344	388	423	473	540	601	649	774	819	872
		o o o	AL	132	157	186	227	270	305	336	377	434	487	537	615	655	698
		AC test voltage		kV/5 min	21 (IEC) , 15 (SPLN)												

# Parámetros líneas tipo NKY

[Solicitar información](#)

**ESPECIFICACIONES CONDUCTORES TIPO NKY 8,7/10 Kv**

CALIBRE CABLE	Nº HILOS	ESPESORES				DIAMETRO EXTERIOR	PESO
		AISLAMIENTO		PLOMO	CUBIERTA		
		COND.COND	COND.PLOMO			mm	
3 x 16	7	6,1	4,6	1,5	1,9	35	3130
3 x 25	7	6,1	4,6	1,6	2	39	3525
3x35	7	6,1	4,6	1,6	2,1	40	3950
3 x 50	19	6,1	4,6	1,6	2,2	41	4530
3 x 70	19	6,1	4,6	1,7	2,3	45	5640
3 x 95	19	6,1	4,6	1,8	2,5	49	6950
3 x 120	37	6,1	4,6	1,9	2,6	51	8010
3 x 150	37	6,1	4,6	2	2,7	55	9410
3 x 185	37	6,1	4,6	2,1	2,8	57	10890
3 x 240	61	6,1	4,6	2,3	3	63	13550
3 x 300	61	6,1	4,6	2,4	3,2	67	16100

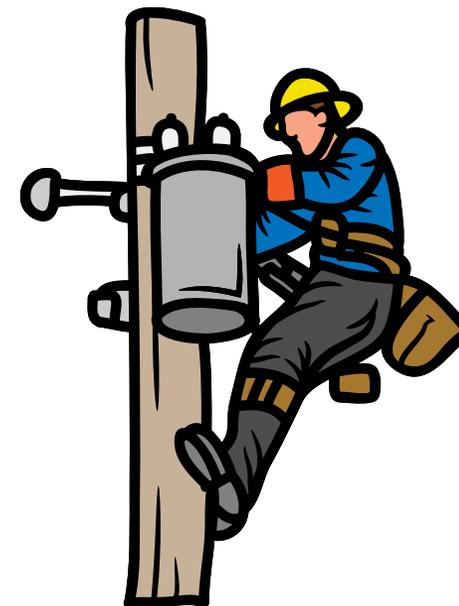
**CARACTERISTICAS ELECTRICAS**

CALIBRE CABLE	RESISTENCIA ELECTRICA		REACTIVA INDUCTIVA COND. PLOMO	CAPACIDAD COND./PLOMO	CAPACIDAD CORRIENTE (*)		
	D.C. a 20	A.C a 70 (EFICAZ)			ENTERRADO	AIRE	DUCTO
		Ohm/Km	Ohm/Km	Uf/Km			
3 x 16	1,15	1,361	0,136	0,202	90	75	70
3 x 25	0,727	0,8701	0,1277	0,227	120	100	95
3 x 35	0,524	0,6273	0,1278	0,246	140	120	115
3 x 50	0,387	0,4635	0,1201	0,272	170	145	135
3 x 70	0,268	0,3213	0,1128	0,296	210	180	170
3 x 95	0,193	0,2319	0,1084	0,323	250	220	205
3 x 120	0,153	0,1843	0,1065	0,345	290	255	230
3 x 150	0,124	0,1499	0,1026	0,367	330	290	265
3 x 185	0,0991	0,1206	0,1002	0,387	375	335	290
3 x 240	0,0754	0,0929	0,097	0,412	435	395	335
3 x 300	0,0601	0,0753	0,0947	0,438	490	445	385

(\*) - TEMPERATURA DEL SUELO 20  
 - TEMPERATURA AMBIENTE 30

## Retos encontrados para el modelado de transformadores

- Para el modelado del transformador de subestación, se poseían los datos de impedancias correspondientes.
- Las impedancias de cada transformador MT/BT se tomaron de datos de referencia para transformadores con una tensión en el primario cercana a los 10 kV, de acuerdo a la capacidad en kVA.



## Retos encontrados para el modelado de los transformadores y cargas

- Al no poseer información de cargas ni de líneas en BT, únicamente se hará el análisis con la **red de MT**.
- Los transformadores **no poseen** una curva de demanda para poder determinar el comportamiento de la potencia a lo largo del día.
- Para solucionar tal problema, se **pondera** la demanda vista desde la subestación con respecto a la capacidad de cada transformador. Esa demanda será emulada por una carga trifásica conectada en el secundario.

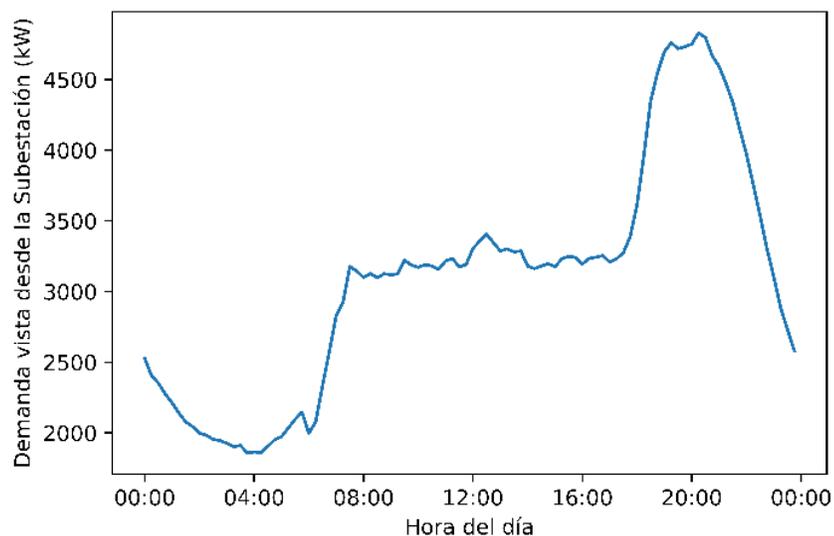
## Paso 2: Modelación y Simulación

- Consideraciones tomadas:
  - 1. Día de referencia para la simulación.
  - 2. Inclusión de pérdidas en el circuito.
  - 3. Curva de irradiación correspondiente a la zona y a la fecha establecida.
  - 4. Definición de porcentaje de penetración de GD.
  - 5. Inyección de potencia.

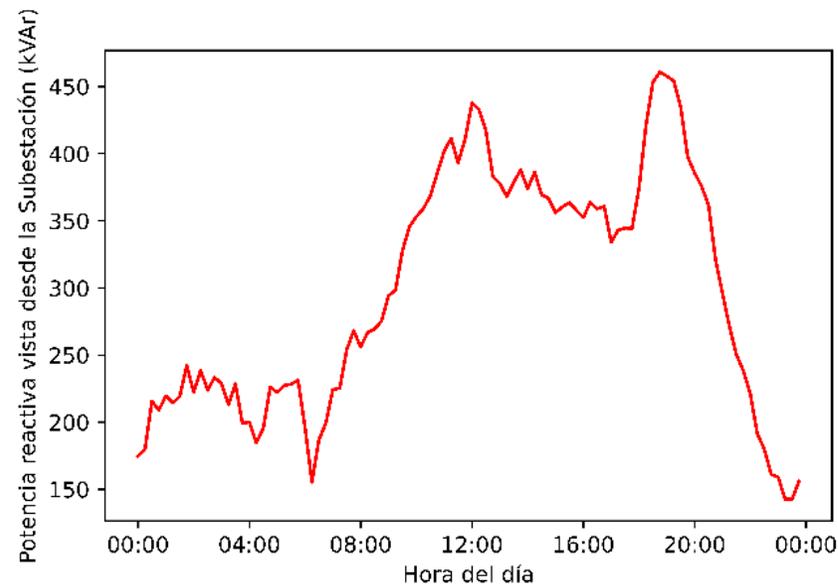


## Paso 2: Modelación y Simulación

- **1. Día de referencia para la simulación:**
  - Se selecciona día preferiblemente en época de verano de la lista de días disponibles en el archivo de la curva de subestación: **1 de Febrero 2021.**
  - Estas curvas brindadas tienen una resolución de 15 minutos.



Potencia Activa



Potencia Reactiva

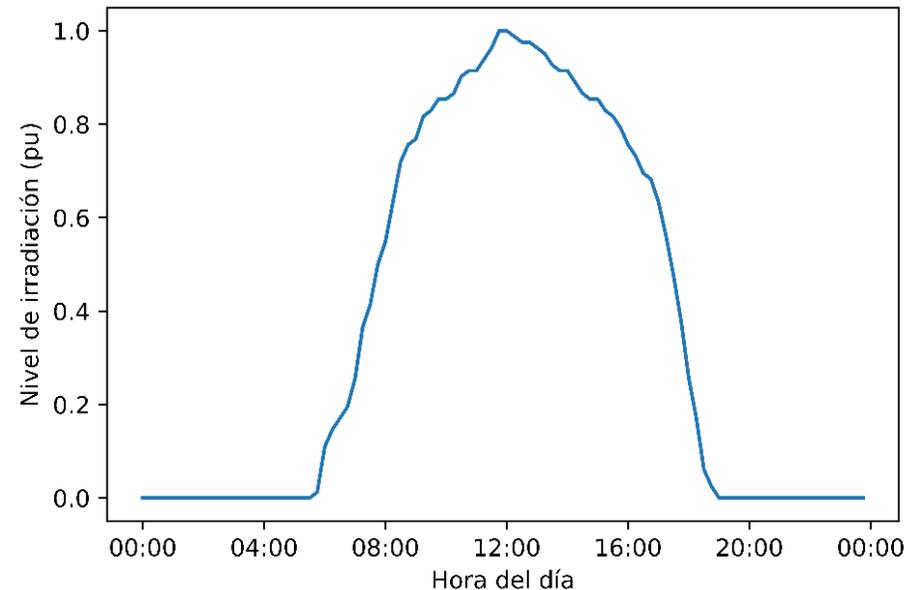
## Paso 2: Modelación y Simulación

- **2. Inclusión de pérdidas en el circuito:**
  - Con el fin de asignar las pérdidas en el circuito, se utiliza el algoritmo de asignación de carga (Load Allocation).
  - El algoritmo le asigna un multiplicador en común a todas las cargas, para que luego la suma de las curvas de cada una de las cargas sea equivalente a la curva de subestación.

## Paso 2: Modelación y Simulación

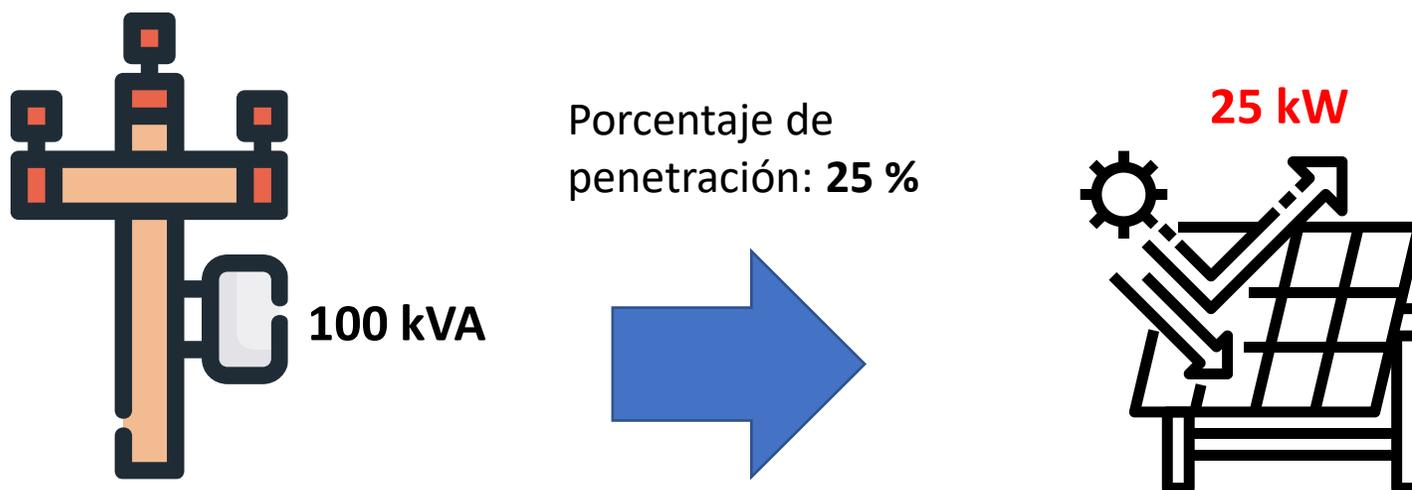
### • 3. Curva de irradiación correspondiente:

- Se debe de utilizar la información de irradiación correspondiente al día a simular.
- Existen programas que permiten hacer el cálculo de la irradiación de acuerdo a la zona geográfica especificada.



## Paso 2: Modelación y Simulación

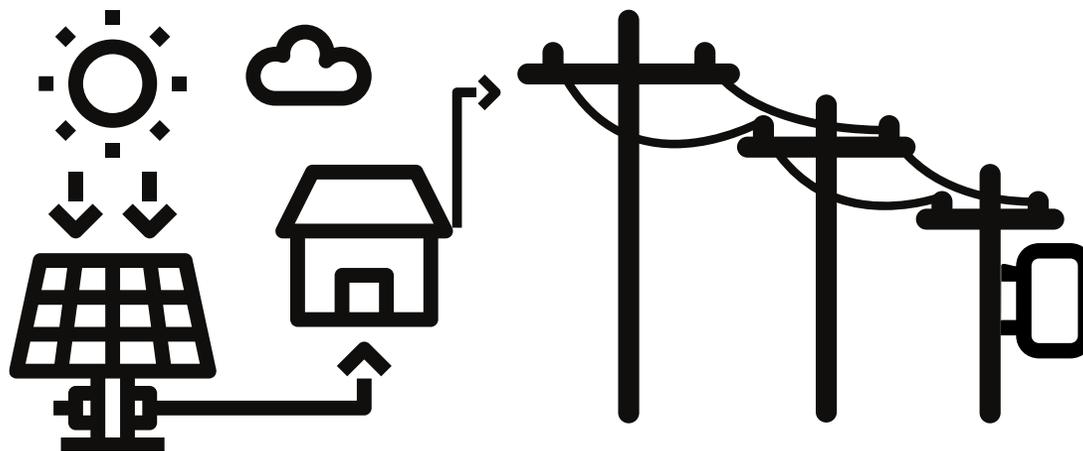
- **4. Definición de porcentaje de penetración de GD para MT:**
  - Para este caso, se toma como base la capacidad en kVA de los transformadores MT/BT.
  - Se le asigna un generador a cada uno de los secundarios del transformador, cuya capacidad corresponderá a la capacidad del transformador correspondiente multiplicado porcentaje de penetración definido.



## Paso 2: Modelación y Simulación

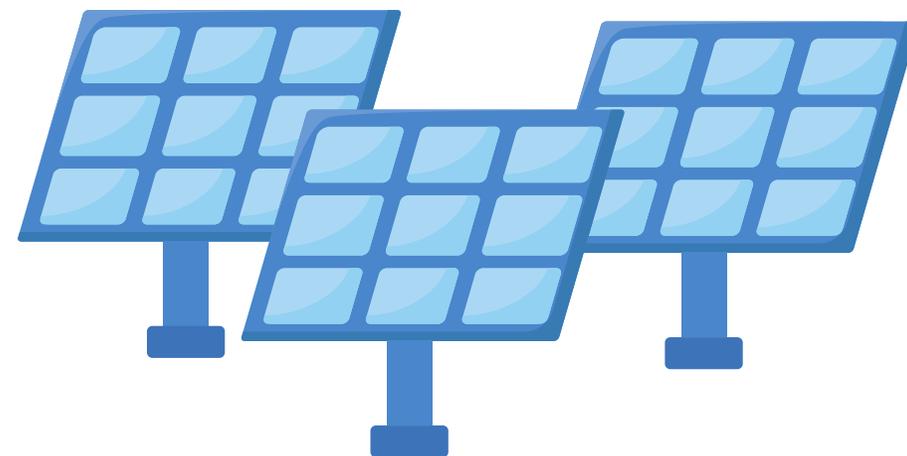
### • 5. Inyección de potencia:

- Se toma en cuenta la inyección de potencia a la red cuando la potencia generada es mayor que la demanda de la carga asociada al generador.
- En la práctica esto es prohibido, pero en el estudio se toma en cuenta para observar los efectos en la red.



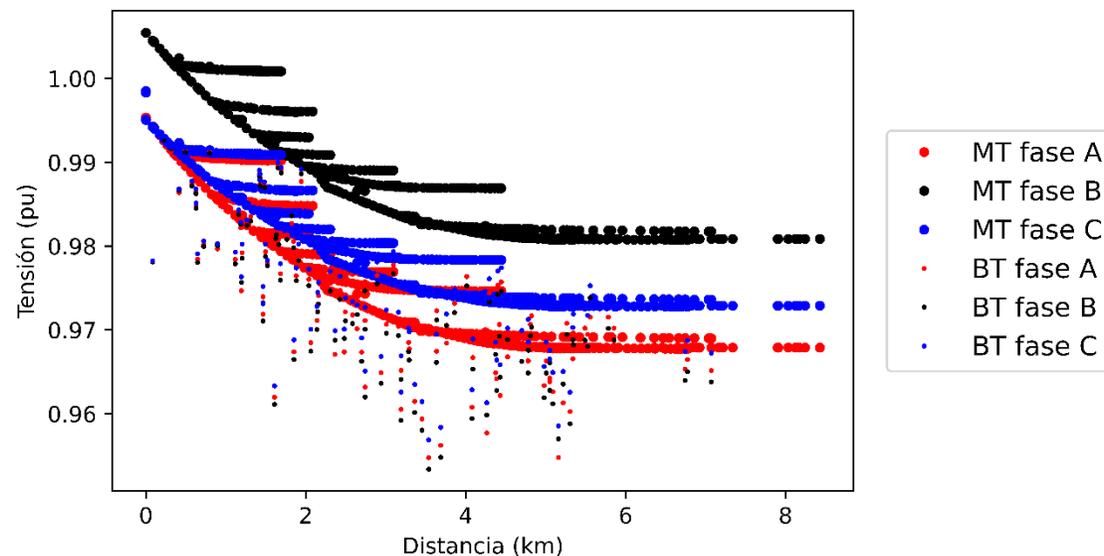
## Paso 2: Modelación y Simulación

- La simulación se hace por medio del software OpenDSS.
- El software permite hacer simulaciones de tipo:
  - Snapshot (instantánea).
  - Diaria.
  - Corto circuito. (Solo trifásico)



## Resultados iniciales: Simulación Tipo Snapshot

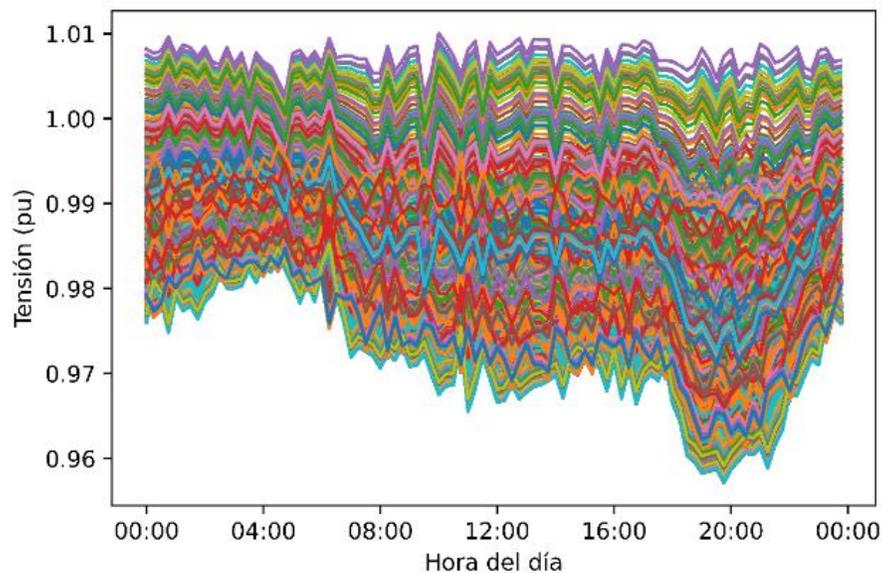
- Simulación de un solo instante: 12md.
- Resultado: Perfil de Tensiones (Tensión vs distancia respecto subestación).



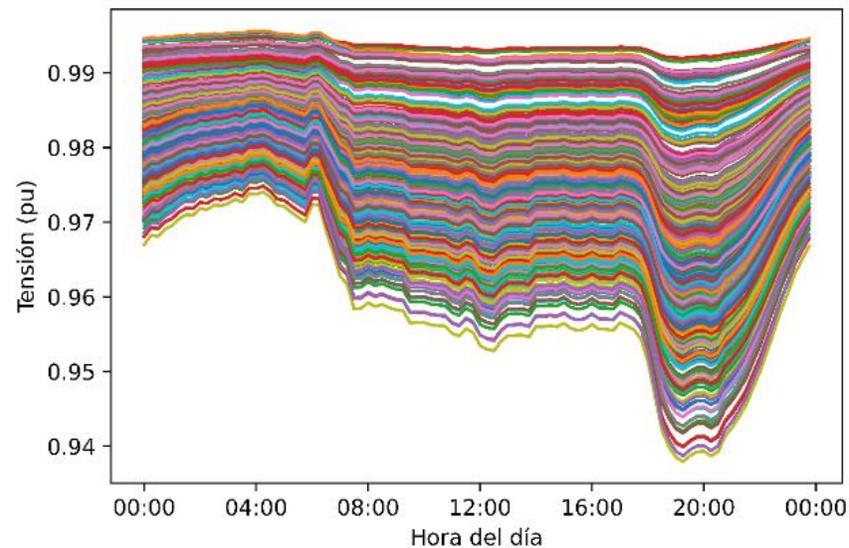
Los valores de tensión en el circuito están en un rango aceptable (0.95 a 1.05 pu).

## Resultados iniciales: Simulación diaria (Estado Original)

- Simulación de 24 horas con resolución de 15 minutos.
- Resultado: Gráfico de tensiones.



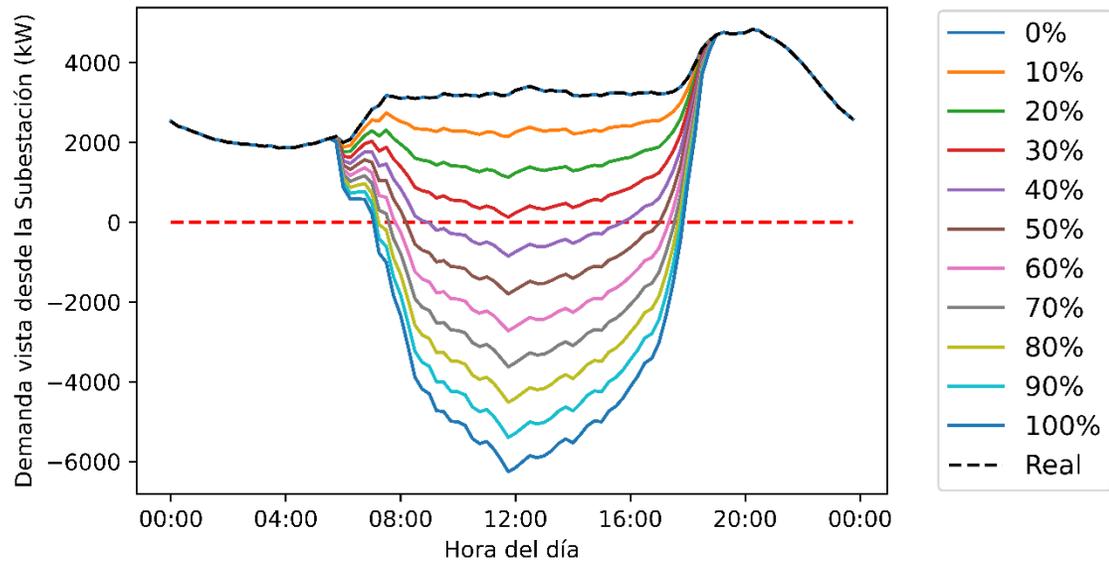
Media Tensión



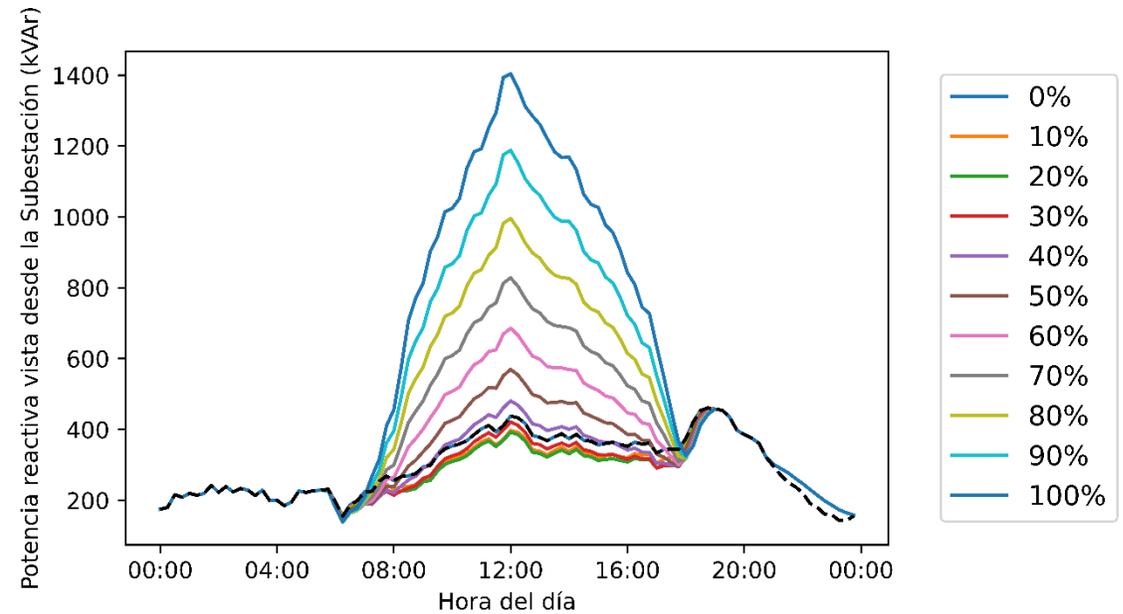
Baja Tensión

## Resultados: Incorporación de GD

- Simulación de 24 horas con resolución de 15 minutos.
- Resultado: Gráfico de potencia activa y reactiva con respecto al porcentaje de penetración



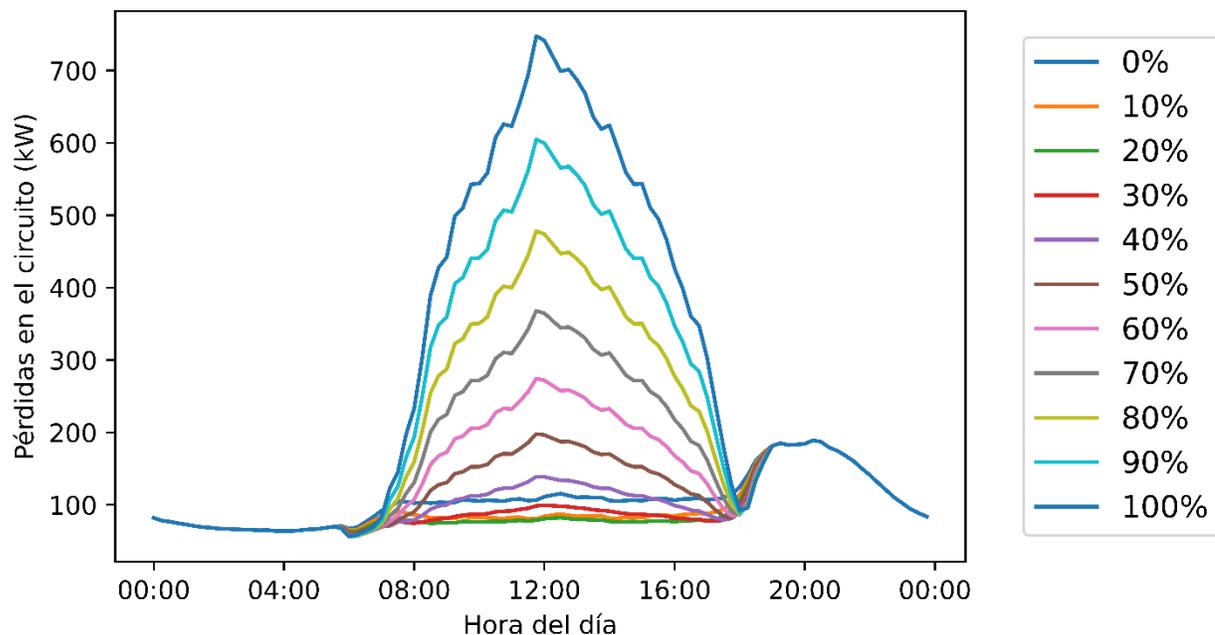
Potencia Activa



Potencia Reactiva

## Resultados: Incorporación de GD

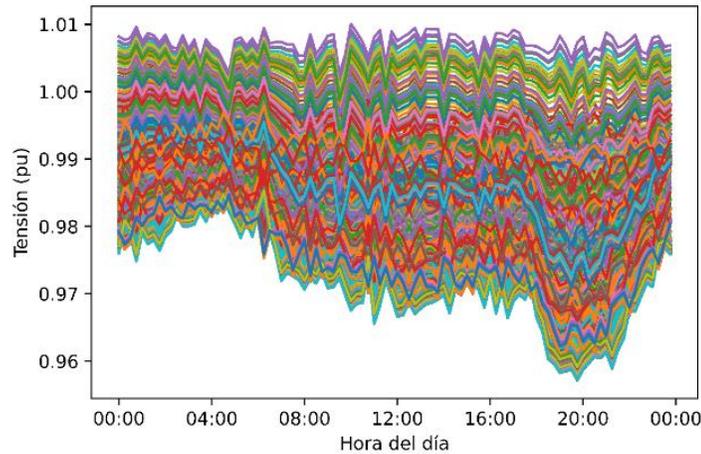
- Simulación de 24 horas con resolución de 15 minutos.
- Resultado: Medición de Pérdidas en energía y potencia del circuito con respecto al porcentaje de penetración.



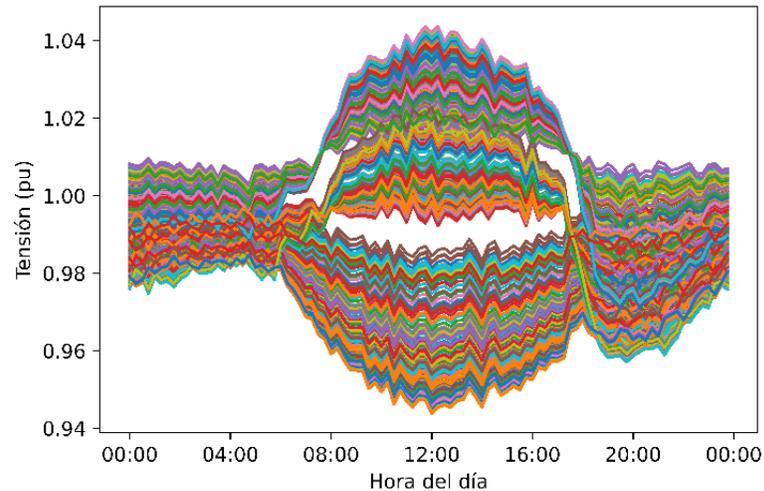
Porcentaje de Penetración (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Pérdidas (MWh)	2.56	2.31	2.23	2.31	2.54	2.91	3.4	4.03	4.78	5.64	6.63

## Resultados: Incorporación de GD

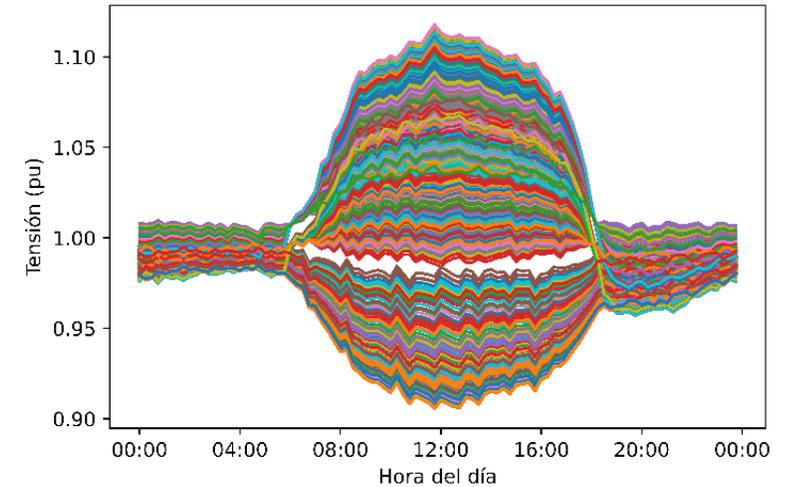
- Simulación de 24 horas con resolución de 15 minutos.
- Resultado: Gráfico de tensión con respecto al porcentaje de penetración



Estado Original



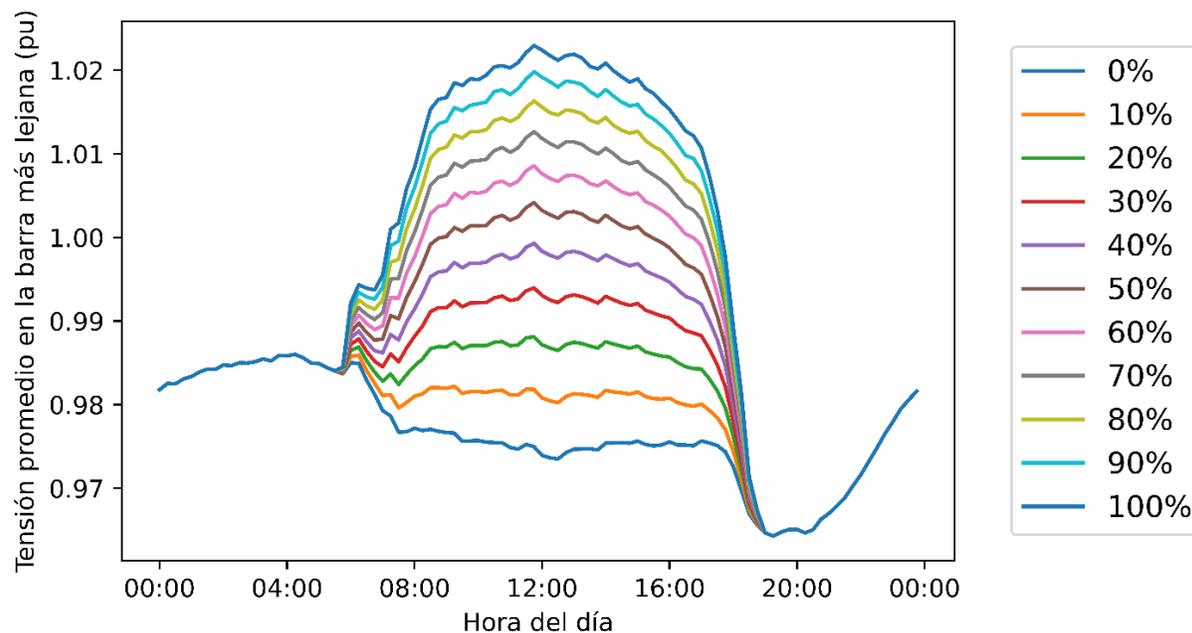
40 % de penetración



100 % de penetración

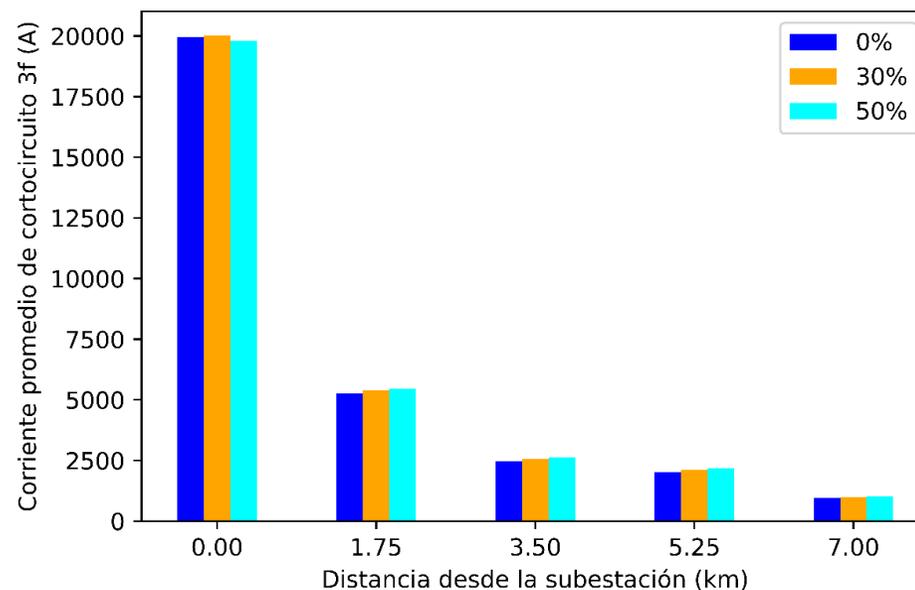
## Resultados: Incorporación de GD

- Simulación de 24 horas con resolución de 15 minutos.
- Resultado: Tensión promedio entre fases de la barra más alejada (7.2 km de la subestación)



## Resultados: Incorporación de GD

- Simulación de corto circuito **trifásico**.
- Resultado: Cambio en la corriente de falla de acuerdo al porcentaje de penetración (0%, 30% y 50%) en diferentes puntos del circuito.
- Corriente corto circuito en la fuente fue brindada.



## Conclusiones

- Las simulaciones del estado inicial del circuito (snapshot y diarias) no muestran problemas de tensión.
- Justamente por encima del **30%** de penetración de GD empieza a presentarse el problema del flujo inverso.
- A porcentajes bajos de penetración existe una reducción en el nivel de pérdidas, pero justamente cuando empieza a presentarse el flujo inverso, vuelven a aumentar.

## Conclusiones

- El nivel de tensi3n no puede ser el 3nico factor que determine qu3 tanta GD puede soportar un circuito. A un 40% de penetraci3n se muestran niveles aceptables de tensi3n.
- **En el caso estudiado**, el cambio en las corrientes de corto circuito con respecto al porcentaje de penetraci3n no son muy significativas.

# Muchas gracias por su atención

Dr. Jairo Quirós-Tortós  
Consultor  
[jairoquirostortos@ieee.org](mailto:jairoquirostortos@ieee.org)

Ing. Orlando Pereira  
Consultor  
[ogpg2006@gmail.com](mailto:ogpg2006@gmail.com)



