



INFORME CON CRITERIOS DE CONEXIÓN

**PMGD ID 1692:
Planta Solar Aguas Claras SpA
Planta Solar Aguas Claras**



	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 1 de 33

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN AL INFORME CON CRITERIOS DE CONEXIÓN	2
2.	OBJETIVOS DEL ICC.....	3
3.	NORMATIVA	4
3.1.	ESTUDIOS DE FLUJO DE POTENCIA	4
3.2.	ANÁLISIS DE FLUJOS DE POTENCIA TRANSMISIÓN ZONAL	6
3.3.	ESTUDIOS DE CORTOCIRCUITOS.....	8
3.4.	ESTUDIOS DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES	8
4.	CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO PMGD	10
5.	RED MEDIA TENSION, ALIMENTADOR PARINACOTA.....	12
6.	RESULTADOS ESTUDIO DE FLUJO DE POTENCIA	14
6.1.	ESCENARIO A: ALIMENTADOR PARINACOTA CON PMGD LO BOZA	16
6.2.	ESCENARIO B: ALIMENTADOR PARINACOTA CON PMGD LO BOZA + PMGD PLANTA SOLAR AGUAS CLARAS	16
7.	INVERSIÓN DE FLUJO	17
8.	ESQUEMA DE CONEXIÓN	19
9.	ESTUDIO DE PÉRDIDAS	20
10.	RESULTADOS ESTUDIO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO	20
11.	RESULTADO ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES	22
12.	RESUMEN OBRAS.....	24
13.	CONCLUSIONES.....	25
14.	ANEXOS 25	
14.1.	ESCENARIO A.....	25
14.2	ESCENARIO B	28
14.4	ESCENARIO 1.....	30

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 2 de 33

1. INTRODUCCIÓN AL INFORME CON CRITERIOS DE CONEXIÓN

El proyecto PMGD Planta Solar Aguas Claras consiste en la construcción de un parque fotovoltaico en la región metropolitana, específicamente en la comuna de Pudahuel. El proyecto fue analizado para una potencia de inyección total de 9 MW, la cual será evacuada mediante el alimentador Parinacota correspondiente a una red de media tensión de 23 kV, propiedad de Enel Distribución.

La finalidad de este informe es determinar los requerimientos técnicos necesarios para permitir la conexión del PMGD.

Para lo anterior, se desarrolló una revisión en conjunto con el PMGD, de los posibles efectos que conlleva la conexión de su proyecto. De esta manera, se consideraron los estudios de impacto sistémico, desarrollados por el cliente y presentados a Enel Distribución, los cuales incluyen:

- Estudio de flujo de potencia
- Estudio de cortocircuito
- Estudio de coordinación de protecciones

Los estudios antes descritos fueron desarrollados en función de la topología real de la red MT, mostrando los efectos de la conexión del medio de generación en consideración de los niveles máximo y mínimo de demanda.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 3 de 33

2. OBJETIVOS DEL ICC

De acuerdo a lo estipulado en el Decreto Supremo 88, previo a su conexión a las instalaciones de una empresa distribuidora o a la modificación de su operación, el interesado en desarrollar un PMGD deberá presentar ante la empresa distribuidora respectiva, una Solicitud de Conexión a la Red, en adelante “SCR”, de acuerdo a lo especificado en la NTCO 2019 (Norma Técnica de Conexión y Operación).

Por otra parte, en este mismo Reglamento, se indica que la Empresa Distribuidora deberá emitir el ICC (Informe de Criterios de Conexión), donde manifieste el acuerdo o desacuerdo con lo consignado en la SCR presentada por un interesado o propietario de un PMGD.

En el presente ICC, Enel Distribución indica su posición final respecto del informe técnico de impacto sistémico, en respuesta a la SCR, entregada por Planta Solar Aguas Claras SpA, para su proyecto PMGD denominado “Planta Solar Aguas Claras”.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 4 de 33

3. NORMATIVA

3.1. ESTUDIOS DE FLUJO DE POTENCIA

NTCO 2019, Artículo 2-24

El estudio de flujos de potencia tendrá como objetivo verificar que luego de la conexión del PMGD, considerando sus inyecciones de potencia activa y reactiva ($-0,96 \leq FP \leq 0,95$), se cumpla con lo siguiente:

- Las tensiones en el lado MT de los nodos del Alimentador de distribución se encuentren dentro de los rangos establecidos en la normativa vigente en estado estacionario.
- El impacto individual del PMGD por elevación de tensión cumpla con lo indicado en el Artículo 4-23 de la NTCO. Los niveles de carga en los elementos del Alimentador de distribución no deben superar su capacidad de diseño.

En caso que el estudio entregue como resultado que no se cumple plenamente lo indicado en el literal a), modificando el factor de potencia del PMGD dentro de los rangos permitidos o modificando consignas de tensión de reguladores existentes, el estudio deberá proponer las Obras Adicionales requeridas para dar cumplimiento a esta exigencia. En caso que se demuestre que no se cumple con el literal b), el estudio debe proponer el reemplazo de los elementos sobrecargados en las Obras Adicionales de acuerdo a la magnitud del impacto producido y siempre y cuando la sobrecarga sea atribuible al PMGD en estudio.

Los escenarios mínimos a considerar en el estudio de flujos de potencia corresponderán a los casos más exigentes que puedan ocurrir en la operación del Alimentador:

- Demanda máxima Neta del Alimentador.
- Demanda mínima Neta del Alimentador.

Para determinar la demanda máxima neta y la demanda mínima neta se deberá tomar en consideración los niveles de demanda informados por la distribuidora y las posibilidades de coincidencia de los GD, de manera de evaluar los casos más exigentes a los que se verá sometido el Alimentador.

Para la ejecución del estudio de flujos de potencia se deberán considerar los siguientes aspectos:

- La tensión en la cabecera del Alimentador tendrá una magnitud que será congruente con la consigna de tensión en caso que el transformador de la subestación primaria cuente con cambiador de tomas bajo carga, o con el rango de tensión en estado normal informado por la distribuidora. Cualquiera sea el caso, la información entregada por la distribuidora deberá ser coherente con un perfil de tensiones que cumpla con los rangos establecidos en la normativa vigente en todo el Alimentador de distribución. En caso que no se cuente con la información del nivel de tensión en la cabecera del Alimentador, se supondrá un valor que cumpla con los rangos anteriormente indicados.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 5 de 33

- b) Las cargas del Alimentador se modelarán en los puntos donde existen transformadores de distribución, ponderando los niveles de carga del Alimentador en función de la potencia nominal de los transformadores de distribución. La Empresa Distribuidora entregará la información de los factores de potencia de dichas cargas, a efectos de modelarlas en el estudio de flujos de potencia. Solo en caso que no se cuente con dicha información, se adoptarán supuestos que sean coherentes con lo establecido en la normativa vigente.

Norma Técnica de Calidad de Servicio para Sistemas de Distribución 2019, Artículo 3-1

Para evaluar la regulación de tensión en un punto de la Red de Distribución se utilizará el siguiente indicador:

$$\Delta V_k = \frac{|V_k - V_n|}{V_n} * 100$$

Donde:

- ΔV_k : Regulación de Tensión en el punto k, en [%].
- V_k : Tensión de suministro en el punto k, determinada como el promedio de las medidas en un intervalo de 15 minutos, en [kV].
- V_n : Tensión Nominal en el punto k, en [kV].

En Estado Normal y durante el 95% del tiempo de cualquiera semana del año o de siete días corridos de medición y registro, los valores eficaces de la tensión en el punto de conexión de los Usuarios, promediados en 15 minutos, deberán ser tales que la regulación de tensión se mantenga dentro de los siguientes límites:

Tabla 1: Límites para Regulación de Tensión.

Densidad de la red Tensión de la red	Alta y Media	Baja y Muy Baja
Baja Tensión	± 7,5%	± 10,0%
Media Tensión	± 6,0%	± 8,0%

Sin perjuicio de lo anterior, en Estado Normal o Estado Anormal, todos los valores eficaces de la tensión, promediados en 15 minutos para todos los tipos de redes, en BT y MT, deberán situarse dentro del intervalo $V_n - 15\%$ y $V_n + 10\%$.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 6 de 33

Decreto 327 2016, Artículo 243 b)

La norma técnica fijará las magnitudes de la tensión nominal de 50 Hz. El Proveedor del servicio deberá indicar explícitamente, a cada usuario, la tensión en el punto de conexión entre ambos, en adelante punto de conexión.

Las variaciones u holguras permitidas de la tensión nominal en el punto de conexión, serán las siguientes:

- b) En Media Tensión (MT): Excluyendo períodos con interrupciones de suministro, el valor estadístico de la tensión medido de acuerdo con la norma técnica correspondiente, deberá estar dentro del rango -6% a +6% durante el 95% del tiempo de cualquier semana del año o de siete días consecutivos de medición y registro.

3.2. ANÁLISIS DE FLUJOS DE POTENCIA TRANSMISIÓN ZONAL

NTCO 2019, Artículo 2-25

En caso que el estudio indicado en el artículo anterior demuestre que existe inversión de flujo en la cabecera del Alimentador conectado a la subestación primaria al cual se conecta el PMGD, se deberá extender el análisis de los impactos a los demás Alimentadores de la subestación primaria, en caso que estos existan, y también a las redes de Transmisión Zonal. Este análisis tendrá 2 niveles: el primer nivel tiene la finalidad de determinar si existen congestiones en el transformador de la subestación primaria asociado a la conexión del PMGD, incluyendo los equipos serie ubicados dentro del recinto; el segundo nivel, tiene por objeto verificar si existen congestiones en la línea de transmisión zonal que representen un nivel de adyacencia aguas arriba del mismo transformador. Para el desarrollo del análisis se deberá seguir el procedimiento descrito en la siguiente figura:

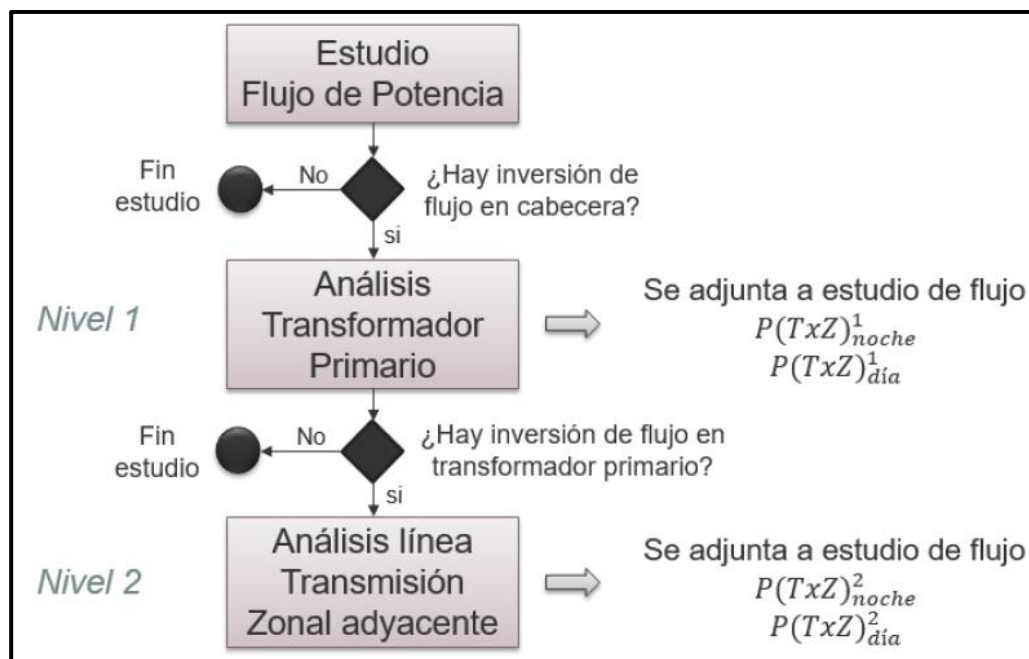


Figura 1: Análisis de impacto en Transmisión Zonal.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 7 de 33

El análisis a nivel de Transmisión Zonal consiste en determinar e informar a la Empresa Distribuidora la potencia y el nivel de carga en horarios diurnos y nocturnos, para los 2 niveles de transmisión zonal indicados en el inciso anterior, basándose en las siguientes expresiones:

$$P(TxZ)_{noche}^i = \sum Dmin_{noche} - \sum PMGD_{NS} + \sum PMGD_{SCA}$$

$$P(TxZ)_{dia}^i = \sum Dmin_{dia} - \sum PMGD$$

Donde,

$P(TxZ)_{noche}^i$: Potencia, en horas sin sol, del elemento de transmisión zonal de nivel i, asociado al PMGD interesado en la conexión.

$P(TxZ)_{dia}^i$: Potencia, en horas con sol, del elemento de transmisión zonal de nivel i, asociado al PMGD interesado en la conexión.

$\sum Dmin_{noche}$: Sumatoria de las demandas mínimas, en horas sin sol, de todos los Alimentadores asociados al transformador de la subestación primaria o a la línea de transmisión zonal según sea el nivel, expresada en MW, en estado normal de operación.

$\sum Dmin_{dia}$: Sumatoria de las demandas mínimas, en horas con sol, de todos los Alimentadores asociados al transformador de la subestación primaria o a la línea de transmisión zonal según sea el nivel, expresada en MW, en estado normal de operación.

$\sum PMGD_{NS}$: Sumatoria de las potencias máximas a inyectar por los PMGD con fuente de energía primaria distinta a la solar, conectados o previstos de conectar en los Alimentadores asociados al transformador de la subestación primaria o a la línea de transmisión zonal según sea el nivel.

$\sum PMGD_{SCA}$: Sumatoria de las potencias máximas a inyectar permitidas por el ICC, por los PMGD solares considerando su capacidad de almacenamiento de energía, conectados o previstos de conectar en los Alimentadores asociados al transformador de la subestación primaria o a la línea de transmisión zonal según sea el nivel.

$\sum PMGD$: Sumatoria de las potencias máximas a inyectar por los PMGD conectados o previstos de conectar en los alimentadores asociados al transformador de la subestación primaria o a la línea de transmisión zonal según sea el nivel.

Las horas con sol y sin sol corresponderán a las que dispuestas en la Tabla 2.

NTCO 2019, Artículo 2-19

Tabla 2: Horas de Salida y Puesta de Sol.

ZONA GEOGRÁFICA	HORA SALIDA	HORA PUESTA
Regiones de: Arica y Parinacota, de Tarapacá y de Antofagasta	07:00	20:30
Regiones de: Atacama, de Coquimbo, de Valparaíso, Metropolitana, del Libertador Bernardo O'Higgins, del Maule, de Ñuble, del Biobío, de la Araucanía, de los Ríos y de los Lagos	06:30	21:30

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 8 de 33

3.3. ESTUDIOS DE CORTOCIRCUITOS

NTCO 2019, Artículo 2-26

El estudio de cortocircuitos tendrá como objetivo verificar que, ante la conexión del PMGD del Interesado, no se sobrepasen las capacidades de ruptura de los equipos de interrupción del Alimentador de distribución.

Dicha verificación deberá considerar un margen de seguridad, de manera que será aceptable que la corriente de cortocircuito a interrumpir por el equipo sea igual o menor al 85% respecto de su capacidad de ruptura.

Para la realización del estudio de cortocircuitos, se deberán considerar cortocircuitos trifásicos, monofásicos, bifásicos a tierra y bifásicos sin contacto con tierra; verificando el correcto cumplimiento de las protecciones según lo establecido en el Artículo 2-27, utilizando para ello la corriente de cortocircuito más alta obtenida.

3.4. ESTUDIOS DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES

NTCO 2019, Artículo 2-26

El estudio coordinación de protecciones deberá definir los criterios y ajustes de las protecciones asociadas a la conexión del PMGD, junto con verificar la correcta coordinación del sistema de protecciones existente asociado al Alimentador donde se conecta y a los Alimentadores que se conectan a la misma barra de la subestación primaria, en aquellos casos que corresponda.

El modelo eléctrico a utilizar en el marco del estudio coordinación de protecciones deberá ser el mismo al utilizado en los estudios de flujos de potencia y de cortocircuito, incorporando los equipos de protección asociados a la red de distribución del Alimentador principal y a los Alimentadores que se conectan a la misma barra de la subestación primaria, en aquellos casos que corresponda.

Para este estudio se considerarán los sistemas de puesta a tierra del transformador principal de la subestación primaria, del transformador asociado al PMGD en estudio, y los de los medios de generación existentes y PMGD previstos de conectar. Asimismo, en caso de existir impedancias asociadas a neutros de transformadores, éstas serán modeladas.

Para el estudio de coordinación de protecciones se simularán cortocircuitos en diferentes puntos de la red de distribución, con el objetivo de verificar que los criterios de ajuste utilizados y las eventuales modificaciones al sistema de protecciones existente permitan mantener un esquema de protecciones con una adecuada selectividad, sensibilidad y rapidez ante al menos cortocircuitos monofásicos, bifásicos a tierra y entre fases.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 9 de 33

Los puntos de falla mínimos a evaluar son los siguientes:

- Zona protegida por el segundo equipo de protección aguas abajo del Punto de Conexión del PMGD.
- Aguas arriba del primer equipo de protección más próximo al Punto de Conexión del PMGD, perteneciente a la red de distribución principal donde se conecta dicho PMGD.
- Tramo de conexión entre el Punto de Conexión y los equipos de generación en MT.
- Tramo inmediatamente posterior a la cabecera del Alimentador adyacente que tenga asociado el tiempo de operación mayor ante una falla en dicho punto con respecto al resto de los Alimentadores adyacentes.

La Empresa Distribuidora deberá definir en el “formulario de respuesta de la SCR”, los tipos de falla e impedancias asociadas a evaluar en el estudio de protecciones respectivo. También podrá definir eventuales puntos adicionales de falla a ser analizados en dicho estudio.

Para la coordinación de protecciones, se considerará aceptable un tiempo de coordinación entre curvas de sobrecorriente de elementos de protección adyacentes, mínimo de 100 ms. Podrán ser analizados tiempos inferiores a 100 ms siempre y cuando no se afecte la selectividad en el despeje de fallas.

Sin perjuicio de lo anterior, se deberá verificar ante toda situación el cumplimiento de las exigencias indicadas en el CAPÍTULO 4 de la NT respecto a las protecciones de frecuencia, voltaje y anti-isla.

Si el PMGD invierte flujo en la cabecera del Alimentador, se incluirán en el estudio de protecciones, las protecciones de todos los Alimentadores conectados al mismo transformador de la subestación primaria.

El estudio de coordinación de protecciones deberá ser actualizado 3 meses previos a la Puesta en Servicio, en caso que algún PMGD precedente se le venza o desista de su ICC.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 10 de 33

4. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO PMGD

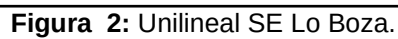
El proyecto “Planta Solar Aguas Claras” de 9 MW de inyección máxima, estará ubicado en la comuna de Pudahuel, Región Metropolitana de Santiago.

Según lo informado por el cliente PMGD, el proyecto se vinculará al alimentador Parinacota considerando la siguiente información técnica:

Tabla 3: Características principales del proyecto.

Características Proyecto	
Nombre del proyecto	Planta Solar Aguas Claras
Tecnología del PMGD	Sistema basado en inversores
Recurso Energético Primario	Fotovoltaica
Potencia solicitada en SCR	9 [MW]
Potencia autorizada a inyectar de PMGD	9 [MW] (FP=1.)
Punto de conexión	Poste Nuevo
Características Alimentador	
Alimentador	Parinacota (2836)
Subestación primaria asociada	Lo Boza 110/23 [kV].
Características Transformador	
Nº Transformador	3
Capacidad Nominal	50 [MVA]
Nivel de Tensión	110/23,5 [kV]
Impedancia Secuencia Positiva en Tap Central	19,49 [%]
Impedancia Secuencia Cero en Tap Central	18,11 [%]
Tipo de Cambiador	Bajo Carga
Grupo de Conexión	Dyn1
Resistencia a Tierra [Ohm]	12,7

Nota: Para los estudios eléctricos Enel entrega al PMGD el alimentador y sus principales componentes georreferenciados en formato shapes, por lo que se considera a “PLACA” en los shapes como PP o Placa Poste, a “POSTES_ID” en los shapes como PID, a “CAMARAS_ID” en los shapes como CID, además de “Autotransformador” como ATR, y “Subestación” como SE.



	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021 Página 12 de 33
---	--	---

5. RED MEDIA TENSION, ALIMENTADOR PARINACOTA

La red de distribución seleccionada para la conexión del PMGD Planta Solar Aguas Claras corresponde al alimentador Parinacota en 23 [kV].

En la siguiente figura se muestra la extensión del alimentador Parinacota, la ubicación del punto de conexión de la Planta Solar Aguas Claras de 9 MW, del punto de conexión del PMGD Lo Boza de 1,5 MW; de la subestación Lo Boza y la extensión de línea del alimentador Parinacota.

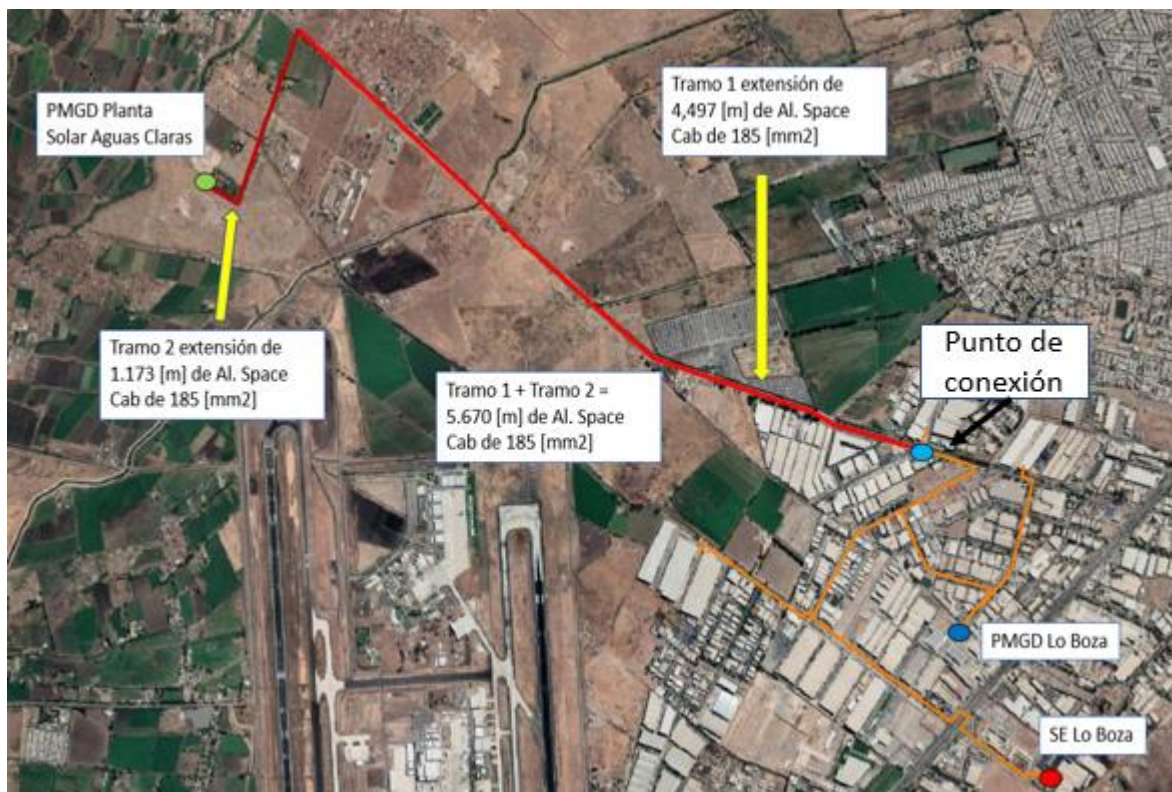


Figura 3: Ubicación de los PMGD, SE Lo Boza y extensión de alimentador Parinacota.

Nota: En este informe las ubicaciones de los elementos son referenciales, y corresponde a etapas posteriores de ingeniería determinar las ubicaciones exactas de los elementos.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 13 de 33

5.1 LINEA ENTRE PMGD Y PUNTO DE CONEXIÓN

Como es posible apreciar en el apartado anterior, las instalaciones del PMGD se encuentra ubicadas a una distancia aproximada de 6 [km].

Para factibilizar la conexión de la central en el punto de conexión indicado mediante Formulario N° 3, el PMGD propone la construcción de una línea de media tensión de 5.670 [m] de longitud, utilizando el conductor Al. Reforzado en disposición Space Cab de 185 [mm²]. El siguiente diagrama muestra en detalle la ruta propuesta para dicha obra:



Ilustración 4: Extensión de red propuesta por PMGD.

A pesar de la propuesta del desarrollador, la construcción de la línea requerida entre el PMGD y el punto de conexión es de exclusiva responsabilidad del PMGD. Por ello, la línea de interconexión descrita previamente no se encuentra dentro del alcance del Informe de Criterios de Conexión (ICC).

Si bien la construcción de línea puede ser acordada con Enel Distribución, esto deberá ser desarrollado mediante un proceso comercial distinto y únicamente destinado a dicha obra. Asimismo, la ejecución de este proyecto, desde su ingeniería hasta su construcción, dependerá de la disponibilidad de recursos con los que Enel Distribución cuente al momento del proceso comercial, así como también de factibilidad constructiva del proyecto asociada a los estándares de Enel Distribución.

Para lo anterior, el desarrollador deberá coordinar este tema mediante un ejecutivo comercial, canalizando dicha solicitud con las mismas personas que estén gestionando su PMGD, es decir, María Paz Rubio y Felipe Flores.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 14 de 33

6. RESULTADOS ESTUDIO DE FLUJO DE POTENCIA

Relacionando los niveles de generación esperados con los niveles de demanda existentes en el alimentador, el Estudio de Flujo de Potencia incluido en los informes técnicos entregados por el Cliente, plantea el análisis de distintos escenarios según lo especificado en la normativa vigente.

El estudio de flujo de potencia se realiza considerando la extensión total de la red MT, abarcando en otros lugares la S/E Lo Boza y el punto de conexión del PMGD Planta Solar Aguas Claras.

De esta manera, a continuación, se presentan los resultados de los siguientes análisis:

- Cargabilidad en conductores y equipos de la red MT.
- Perfil de tensión en todos los nodos del alimentador.
- Variación de tensión en el punto de conexión.

Para lo cual se tomaron las siguientes consideraciones:

- Para las simulaciones se utiliza como consigna de tensión en Cabecera el valor 1,015 pu.
- Se consideró un factor de potencia de 0,95 inductivo para las cargas.
- Se consideró un perfil de tensión dentro de la banda $\pm 6\%$, ya que la densidad de red de las comunas de Renca, Quilicura y Pudahuel que es donde se encuentra el alimentador Parinacota es alta, alta y media respectivamente, tal como lo indica la "Norma Técnica de Calidad de Servicio para Sistemas de Distribución" del año 2019.
- Demanda Máxima: 3,84 [MVA].
- Demanda Mínima: 0,6 [MVA].
- Se considera como horario día al rango 6:30 a 21:30, siendo este rango horario cuando opera un PMGD fotovoltaico sin sistemas de almacenamiento.

Los escenarios analizados son:

- A1: Demanda máxima con PMGD Lo Boza.
- A2: Demanda mínima con PMGD Lo Boza.
- B1: Demanda máxima con PMGD Lo boza incluyendo los refuerzos del PMGD Planta Solar Aguas Claras.
- B2: Demanda mínima con PMGD Lo Boza incluyendo los refuerzos del PMGD Planta Solar Aguas Claras.
- 1.1: Demanda máxima con PMGD Lo Boza + PMGD Planta Solar Aguas Claras con refuerzos.
- 1.2: Demanda mínima con PMGD Lo Boza + PMGD Planta Solar Aguas Claras con refuerzos.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 15 de 33

A continuación, algunas tablas resumen de los resultados obtenidos:

Tabla 4: Cumplimiento de normativa para cargabilidad y perfil de tensión.

Nº Escenario	Cumple Cargabilidad	Cumple Perfil de Tensión	Obras
A1	SI	SI	NO
A2	SI	SI	NO
B1	SI	SI	NO
B2	SI	SI	NO
1.1	SI	SI	NO
1.2	SI	SI	NO

Tabla 5: Valores máximos de cargabilidad y de tensión y de tensión mínimo.

Escenario	Cargabilidad Máxima en Líneas [%]	Tensión Máxima en Líneas [pu]	Tensión Mínima en Líneas [pu]
A1. Dda máx con Lo Boza	25,22	1,015	1,013
A2. Dda mín con Lo Boza	30,53	1,016	1,015
B1. Dda máx Lo Boza+obras Aguas Claras	25,22	1,015	1,013
B2. Dda mín Lo Boza+obras Aguas Claras	30,53	1,016	1,015
1.1. Dda máx Lo Boza+Aguas Claras (obras)	44,39	1,039	1,015
1.2. Dda mín Lo Boza+Aguas Claras (obras)	53,33	1,041	1,015

Tabla 6: Cumplimiento de normativa para variación de tensión.

Escenario Analizado	Escenarios Comparados	Punto de Conexión	Cumple Variación de Tensión	Obras
1	B1 y 1.1	Lo Boza	SI	NO
		Aguas Claras	SI	NO
	B2 y 1.2	Lo Boza	SI	NO
		Aguas Claras	SI	NO

No considera el caso de la Planta Solar Aguas Claras operando sin obras ya que este escenario no es posible debido a que las obras son necesarias para la inyección de potencia del PMGD al alimentador Parinacota por ser una extensión de este.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 16 de 33

6.1. ESCENARIO A: ALIMENTADOR PARINACOTA CON PMGD LO BOZA

Considerando las demandas indicadas a través del F7, la topología actual del alimentador más la operación del PMGD Lo Boza inyectando 1,5 MW y factor de potencia unitario no se presentan condiciones fuera de los rangos establecidos. La ubicación del PMGD considerada se encuentra en el transformador NUMPOS 104746.

A continuación, se describen los escenarios analizados:

- A1: Demanda máxima con PMGD Lo Boza.
- A2: Demanda mínima con PMGD Lo Boza.

Tabla 7: Cumplimiento normativo para el escenario A.

Nº Escenario	Cumple Cargabilidad	Cumple Perfil de Tensión
A1	SI	SI
A2	SI	SI

En el escenario sin el PMGD Planta Solar Aguas Claras operando se cumple con la normativa, no requiriendo obras previas a la conexión del PMGD.

6.2. ESCENARIO B: ALIMENTADOR PARINACOTA CON PMGD LO BOZA + PMGD PLANTA SOLAR AGUAS CLARAS

En el escenario 1 se considera operando al PMGD Lo Boza inyectando 1,5 MW y factor de potencia unitario y al PMGD Planta Solar Aguas Claras inyectando 9 MW y factor de potencia unitario. El punto de conexión propuesto corresponde a postación nueva.

El escenario B surge cuando la Planta Solar Aguas Claras no está operando, siendo topológicamente lo mismo que el escenario 1. Ver Figura 3 y 4.

A continuación, se describen los escenarios analizados:

- B1: Demanda máxima con PMGD Lo Boza incluyendo las obras del PMGD Planta Solar Aguas Claras.
- B2: Demanda mínima con PMGD Lo Boza incluyendo las obras del PMGD Planta Solar Aguas Claras.
- 1.1: Demanda máxima con PMGD Lo Boza + PMGD Planta Solar Aguas Claras con obras.
- 1.2: Demanda mínima con PMGD Lo Boza + PMGD Planta Solar Aguas Claras con obras.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 17 de 33

Tabla 8: Cumplimiento normativo para escenarios B-1.

Nº Escenario	Cumple Cargabilidad	Cumple Perfil de Tensión	Cumple Variación de Tensión	Obras
B1	SI	SI	SI	NO
B2	SI	SI	SI	NO
1.1	SI	SI	SI	NO
1.2	SI	SI	SI	NO

Nota: En este informe las ubicaciones de los elementos son referenciales, y corresponde a etapas posteriores de ingeniería determinar las ubicaciones de los elementos con precisión.

7. INVERSIÓN DE FLUJO

Debido a la operación del generador Planta Solar Aguas Claras se produce inversión de flujo en la cabecera del alimentador Parinacota y luego en el transformador primario. Este análisis se hace con el caso más exigente, es decir en el escenario 1.2.

Para este análisis se tomaron las siguientes consideraciones:

- Se consideró como línea zonal adyacente al circuito Tap Off Lo Boza - Lo Boza 110 kV C1. Ver Figura 2.
- El circuito 1 corresponde a un conductor de tipo ACCC Linnet.
- La ampacidad del conductor Linnet considerada es 551 [A].
- Para el cálculo de la ampacidad del conductor se considera el conductor expuesto al sol, en verano, con temperatura del conductor de 75 °C y temperatura ambiente de 30 °C.
- Se consideran los siguientes PMGD:
 - En el alimentador Noviciado con ICC el PMGD 1446 PV X58-1 de 9 MW y FP=1.
 - En alimentador Aguas Claras el PMGD operando 1194 Sol de Septiembre de 9 MW y FP=0,96 capacitivo, y el PMGD con ICC 1339 Viñedos de 6 MW y FP=0,96 capacitivo.
 - En el alimentador Chorrillos los PMGD operando 41 Lipangue de 3 MW FP=1 y 231 Central de Respaldo Chorrillos de 3 MW y FP=1, y con ICC al PMGD 1234 Pomacita de 9 MW y FP=1.
 - En el alimentador Parinacota al PMGD operando 752 Lo Boza de 1,5 MW y FP=1, y con al PMGD en estudio 1692 Planta Solar aguas Claras de 9 MW y FP=1.

Al realizar la sumatoria de los flujos de potencias activa y reactiva por el Transformador 3 (nivel 1) y para la línea zonal (nivel 2) no se encuentran sobrecargas, tal como se muestran en las tablas 10 y 11.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 18 de 33

Tabla 9: Resumen flujos de potencias para análisis niveles 1 y 2.

Trafo	Alimentador	V. Cab. [pu]	Dda. mín día [MVA]	PMGD P [MW]	PMGD Q [MVar]	Flujo P Cab. [MW]	Flujo Q Cab. [MVar]
Trafo 1	Raulíes	1,015	2,18	0,00	0,00	2,07	0,68
	Noviciado	1,015	5,93	9,00	0,00	-3,37	1,85
	Echevers	1,015	4,37	0,00	0,00	4,15	1,36
Trafo 3	Lipangue	1,015	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Aguas Claras	1,015	2,86	15,00	4,38	-12,28	5,27
	Ventisqueros	1,015	2,86	0,00	0,00	2,72	0,89
	Chorrillos	1,015	4,13	15,00	0,00	-11,07	1,29
	Parinacota	1,015	0,97	10,50	0,00	-9,57	0,30

Tabla 10: Cargabilidad Transformador 2 y Línea Zonal.

Capacidad Transformador 3 [MVA]	50
Cargabilidad Transformador 3 (Nivel 1) [%]	62,39
Capacidad Conductor [MVA]	104,98
Cargabilidad en Conductor (Nivel 2) [%]	28,33

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 19 de 33

8. ESQUEMA DE CONEXIÓN

El esquema estándar para la conexión de proyectos PMGD utilizado por Enel Distribución en redes aéreas, indica que ésta se debe realizar de la siguiente forma:

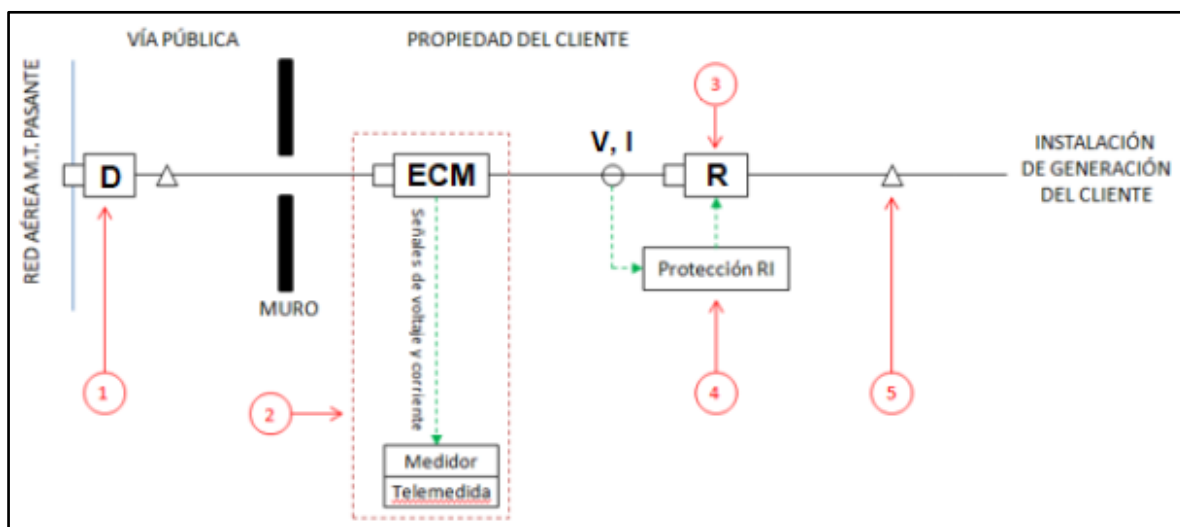


Figura 4: Esquema aéreo de conexión de un PMGD, según Norma Enel Distribución.

La descripción de cada elemento se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 11: Descripción de ítems para esquema aéreo de conexión de un PMGD.

Listado de equipos		
Ítem	Norma	Descripción
1	EMT-006	Desconectador Cuchillo Monofásico
2	ENG-09	Módulo de medida
3	ENG-11	Interruptor de acoplamiento (Reconectador)
4	ENG-10	Protección RI
5	DMCE-012	Conectores estribos

El primer seccionamiento debe ser accesible a la empresa distribuidora, para permitir su operación en caso de que sea necesario.

Los conectores estribo se instalan con la finalidad de conectarlos cuando se requiera a tierra y generar zonas equipotenciales o zonas de trabajos aterrizados (ZTA). La conexión a tierra de estos conectores estribos se hace necesaria en trabajos de mantenimiento o construcción.

Los criterios de operación de dicho equipo quedarán especificados en el Procedimiento de Operación que deberá ser acordado entre Enel Distribución y el PMGD antes de su puesta en servicio.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 20 de 33

9. ESTUDIO DE PÉRDIDAS

El efecto de pérdidas quedará incorporado en cálculo del Factor de Referenciación.

El cálculo y la periodicidad de éste lo realizará Enel Distribución según lo indicado en la Norma Técnica.

10. RESULTADOS ESTUDIO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Para el análisis de cortocircuitos, se simulan fallas Trifásicas (3ϕ), Bifásicas Aisladas de Tierra (2ϕ), Monofásicas a Tierra (1ϕ) y Bifásicas a Tierra ($2\phi - T$). El método de cálculo utilizado es el IEC 60909 de 2016.

Para el desarrollo del análisis se consideraron los siguientes puntos de interés:

- Cabecera del alimentador Parinacota.
- Reconectores de línea.
- Reconector PMGD Planta Solar Aguas Claras.

A continuación, se presentan las tablas más representativas de los resultados obtenidos, donde se utilizan los escenarios con y sin PMGD Planta Solar Aguas Claras (escenarios B y 2). Para este estudio el aporte al cortocircuito del PMGD se considera 1,2 veces la corriente nominal del generador operando a su máxima capacidad.

Tabla 12: Cortocircuitos en escenario sin PMGD.

Escenario Sin PMGD Planta Solar Aguas Claras					
Lugar de Aplicación CC	IK" 3f [kA]	IK" 2f [kA]	IK" 1f [A]	IK" 2ft [kA]	IK" máx [kA]
1. Rec. Cabecera	6,77	5,84	1,13	6,13	6,77
2. Rec. 105410	5,59	4,82	1,08	5,09	5,59
3. Rec. 106910	5,55	4,78	1,06	5,04	5,55
4. Rec. 107393	5,35	4,61	1,02	4,85	5,35
5. Rec. 100235	5,47	4,72	1,04	4,97	5,47
6. Rec. PMGD Lo Boza	5,41	4,66	1,04	4,91	5,41
7. Rec. PMGD Planta Solar Aguas Claras	4,31	3,73	0,88	3,88	4,31

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 21 de 33

Tabla 13: Cortocircuitos en escenario con PMGD.

Escenario Con PMGD Planta Solar Aguas Claras					
Lugar de Aplicación CC	IK" 3f [kA]	IK" 2f [kA]	IK" 1f [A]	IK" 2ft [kA]	IK" máx [kA]
1. Rec. Cabecera	7,03	5,95	1,13	6,24	7,03
2. Rec. 105410	5,83	4,92	1,08	5,20	5,83
3. Rec. 106910	5,80	4,89	1,06	5,15	5,80
4. Rec. 107393	5,58	4,71	1,03	4,96	5,58
5. Rec. 100235	5,74	4,83	1,05	5,09	5,74
6. Rec. PMGD Lo Boza	5,65	4,76	1,04	5,02	5,65
7. Rec. PMGD Planta Solar Aguas Claras	4,57	3,83	0,89	3,99	4,57

Tabla 14: Verificación capacidad de ruptura de elementos de protección.

Lugar de Aplicación CC	Capacidad Ruptura [kA]	IK" máx[kA]	% Cap/IK" máx
1. Rec. Cabecera	25	7,03	28,13
2. Rec. 105410	12,5	5,83	46,62
3. Rec. 106910	12,5	5,80	46,37
4. Rec. 107393	12,5	5,58	44,64
5. Rec. 100235	12,5	5,74	45,90
6. Rec. PMGD Lo Boza	12,5	5,65	45,18
7. Rec. PMGD Planta Solar Aguas Claras	12,5	4,57	36,53

Debido a la conexión del PMGD Planta Solar Aguas Claras no se excede el 85% de las capacidades de los Reconectores, por lo que para este caso no hay que realizar obras.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 22 de 33

11. RESULTADO ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES

De acuerdo al esquema de conexión del PMGD, los esquemas de protección darán orden de apertura sobre el reconectador de acoplamiento de la planta fotovoltaica.

Según lo estipulado en el artículo 4-17 de la NTCO 2019, las funciones mínimas que un PMGD debe implementar en el interruptor de acoplamiento son las siguientes:

- Subtensión (Nema 27)
- Sobretensión (Nema 59)
- Subfrecuencia (Nema 81 U)
- Sobrefrecuencia (Nema 81 O)
- Anti isla eléctrica
- Sobrecorriente de fase (Nema 50/51)
- Sobrecorriente residual (Nema 50N/51N)
- Sobretensión de Secuencia Cero (Nema 59N)

Respecto al estudio de coordinación de protecciones no se tienen observaciones. Se considerarán los siguientes ajustes en las funciones del interruptor de acoplamiento del proyecto Planta Solar Aguas Claras:

Tabla 15: Ajustes sobrecorriente PMGD.

Reconectador Noja Power - Relé Control RC10		
Parámetro	Ajuste de Fase 51	Ajuste Residual 51N
Pickup [A]	248,5	24,8
Curva	Muy Inversa IEC	Muy Inversa IEC
Dial	0,05	0,05
Adder	0	0
Parámetro	Ajuste de Fase 50	Ajuste Residual 50N
Pickup [A]	-	-
Tiempo [s]	-	-

Tabla 16: Ajustes subtensión y sobretensión PMGD.

Parámetro	Sobretensión 59	Subtensión 27
Pickup 1	1,1 pu	0,9 pu
Tiempo 1	1 s	2 s
Pickup 2	1,2 pu	0,5 pu
Tiempo 2	0,16 s	1 s

Tabla 17: Tensiones Homopolares en el punto de conexión.

3xV0 [KV] con R=50 [Ohm]	
Falla 1F	Falla 2F
10,60	9,61

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 23 de 33

Tabla 18: Ajuste sobretensión de secuencia cero PMGD.

Parámetros	Sobretensión 59N
Pickup	9,61 kV
Tiempo	0,16 s

Tabla 19: Ajustes subfrecuencia y sobrefrecuencia PMGD.

Parámetro	Sobrefrecuencia 81O	Subfrecuencia 81U
Pickup 1	51 Hz	49 Hz
Tiempo 1	90 s	90 s
Pickup 2	51,5 Hz	47,5 Hz
Tiempo 2	0,1 s	0,1 s

Tabla 20: Ajustes función anti-isla PMGD.

Parámetros	Salto Vector 78
Pickup	18º
Tiempo	0,02 s

Sin perjuicio de lo anterior, antes de la puesta en servicio del PMGD se deberá realizar una revisión del ajuste final de las protecciones y su respectiva coordinación. De esta manera, se prevendrá cualquier cambio en el esquema de protecciones del alimentador durante el periodo de vigencia del ICC.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 24 de 33

12. RESUMEN OBRAS

En consideración de los antecedentes anteriormente mostrados, no se requieren obras de refuerzo en la red.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 25 de 33

13. CONCLUSIONES

De acuerdo con los antecedentes aportados por el PMGD, y como resultado de los estudios de impacto sistémico, Enel Distribución declara su acuerdo técnico para la conexión del proyecto PMGD Planta Solar Aguas Claras, ID N°1692 sujeto a.

- Se autoriza al PMGD Planta Solar Aguas Claras a inyectar como máximo 9 [MW] con un factor de potencia unitario (Escenario 1).
- Consideración de las indicaciones del apartado 11, correspondientes al ajuste de los equipos de protección, producto de la conexión del PMGD Planta Solar Aguas Claras.
- Verificar en terreno, junto a especialistas de Enel Distribución, el desarrollo de las obras indicadas a lo largo de este informe.

14. ANEXOS

14.1. ESCENARIO A

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 26 de 33

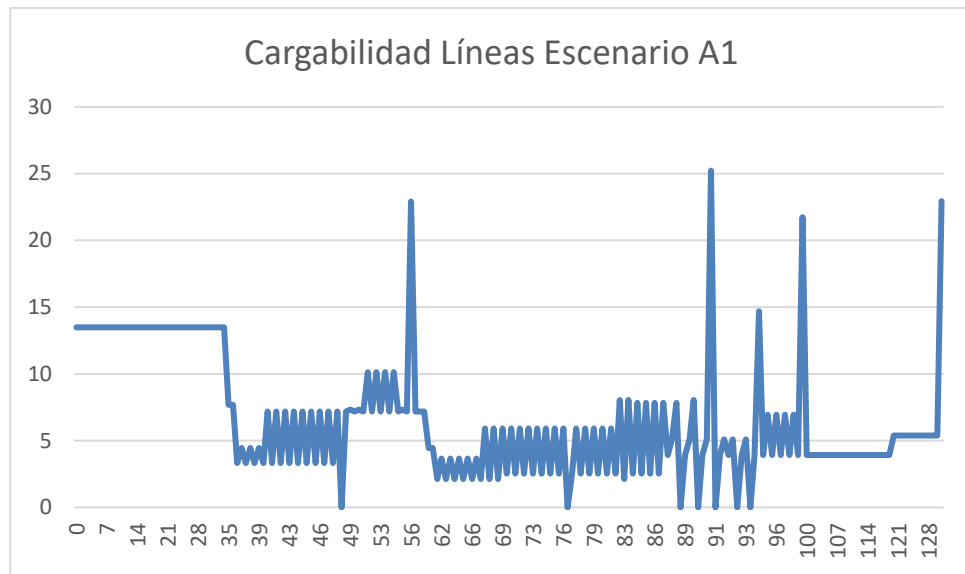


Figura 5: Gráfico cargabilidad líneas en escenario A1.

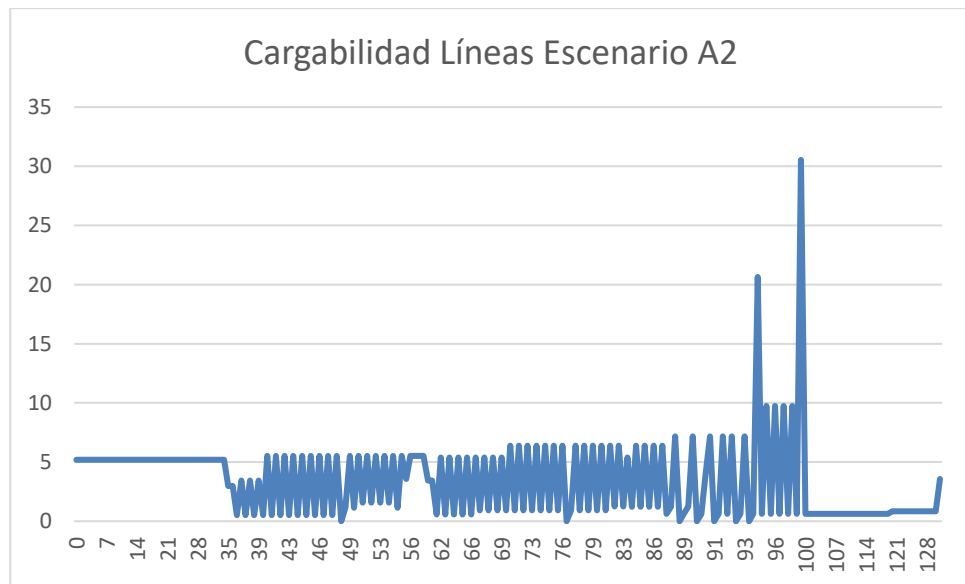


Figura 6: Gráfico cargabilidad líneas en escenario A2.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 27 de 33

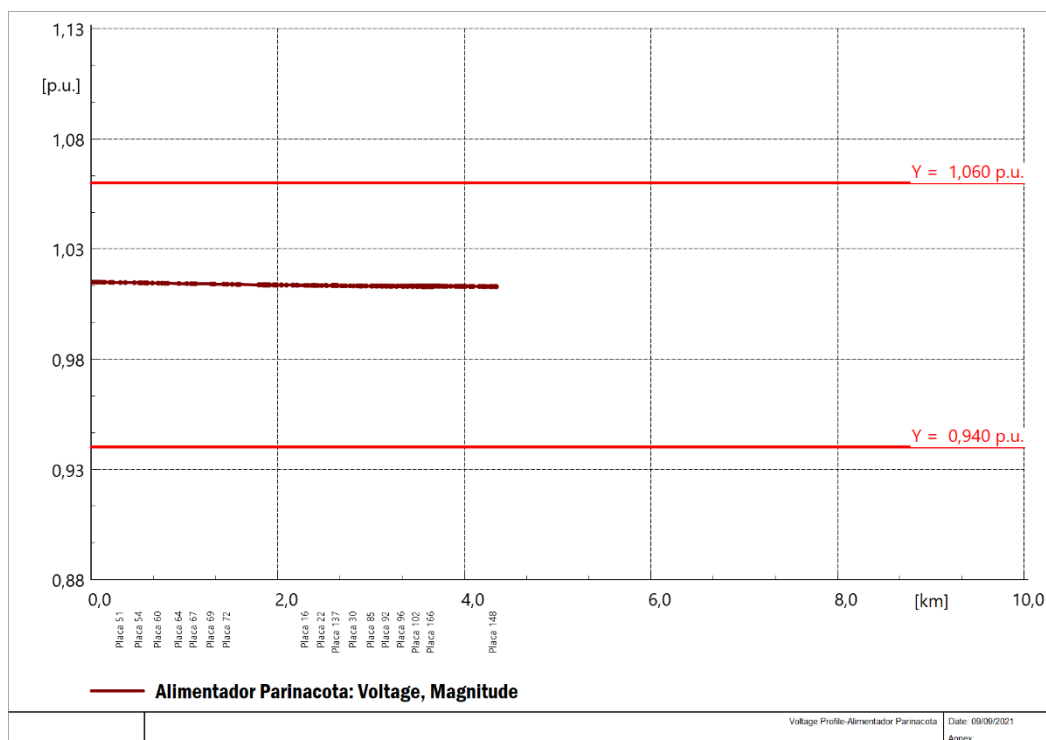


Figura 7: Gráfico perfil de tensión en escenario A1.

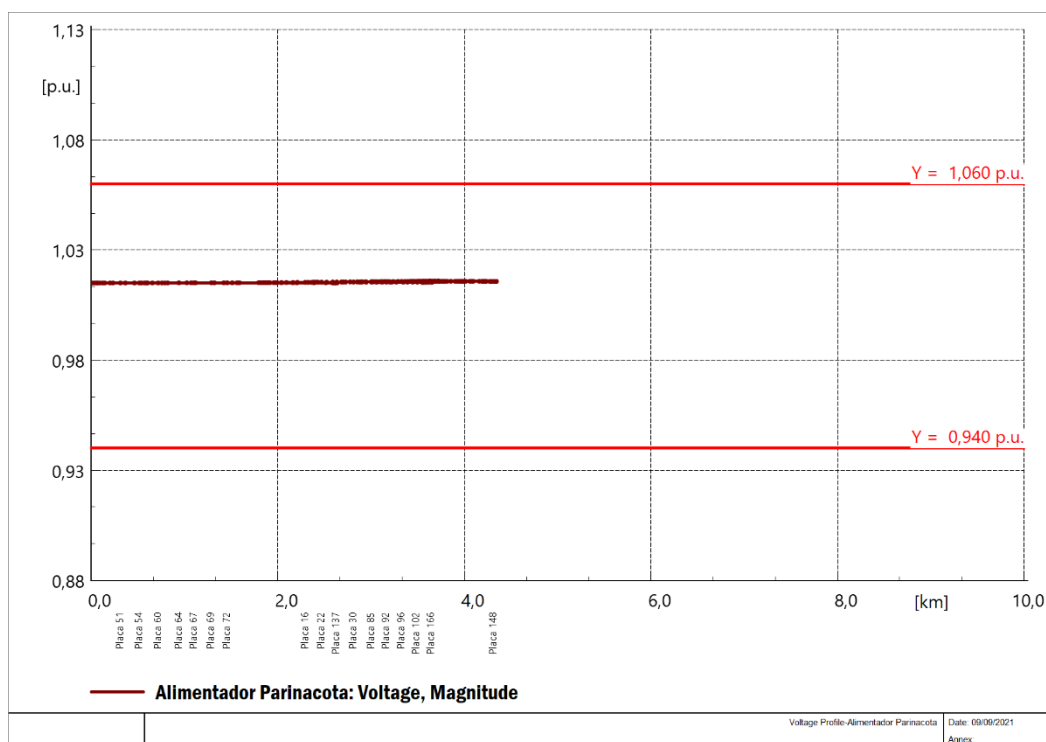


Figura 8: Gráfico perfil de tensión en escenario A2

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 28 de 33

14.2 ESCENARIO B

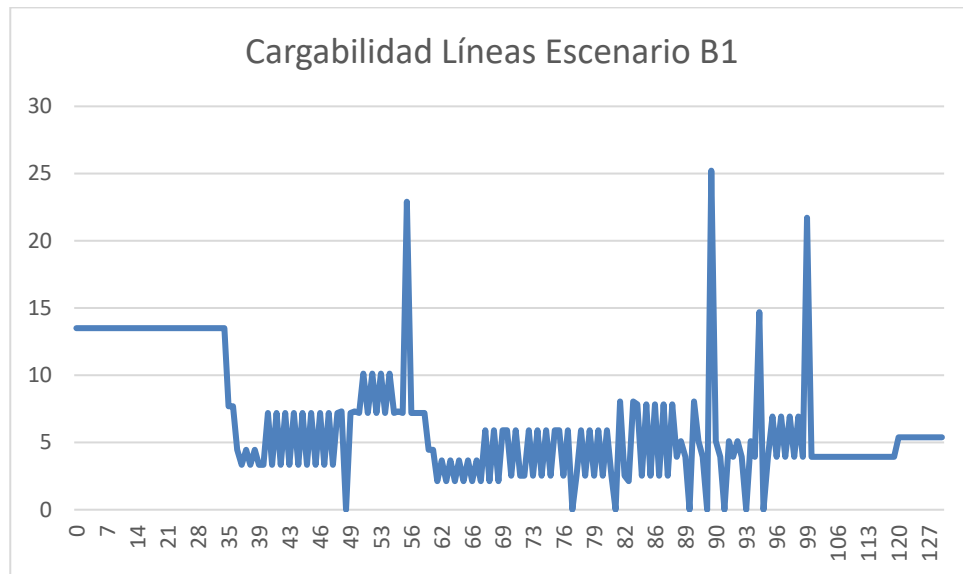


Figura 9: Gráfico cargabilidad líneas en escenario B1.

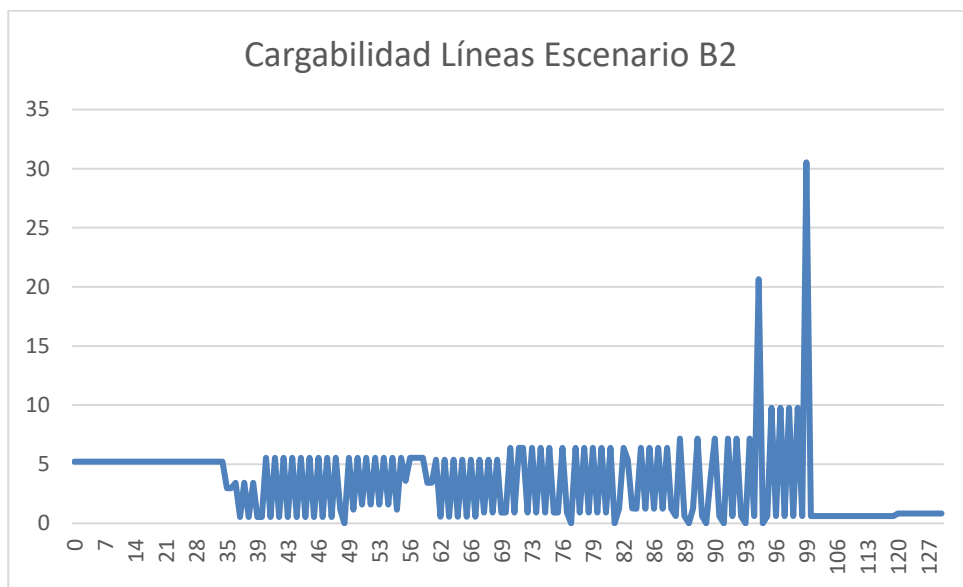


Figura 10: Gráfico cargabilidad líneas en escenario B2.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 29 de 33

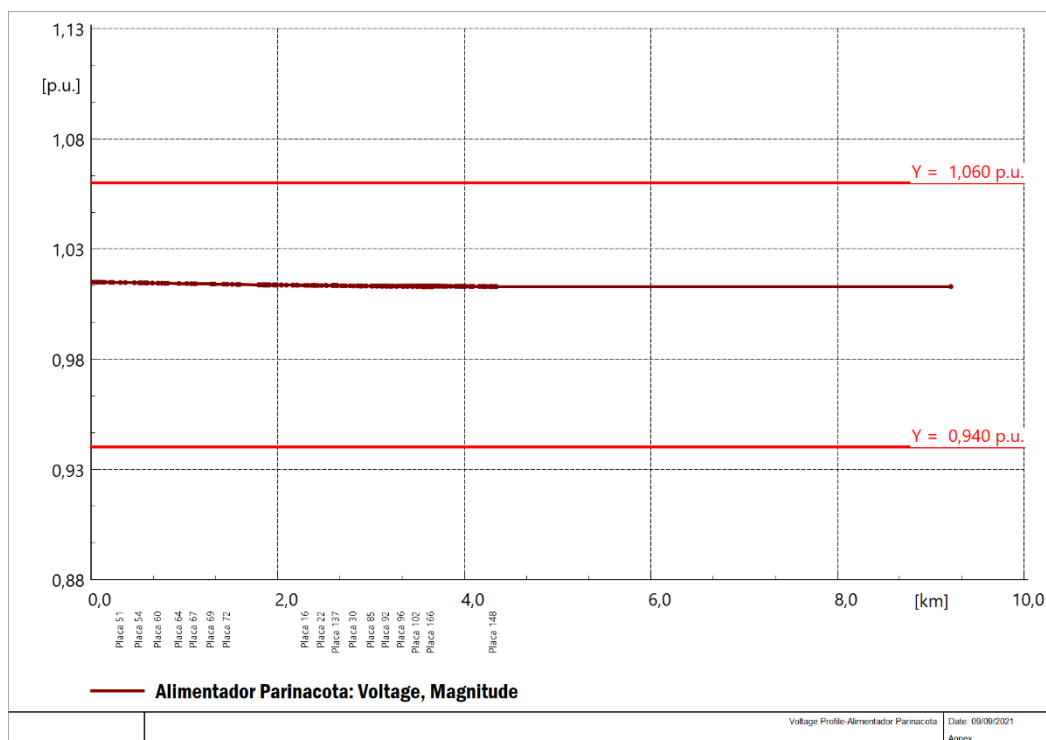


Figura 11: Gráfico perfil de tensión en escenario B1.

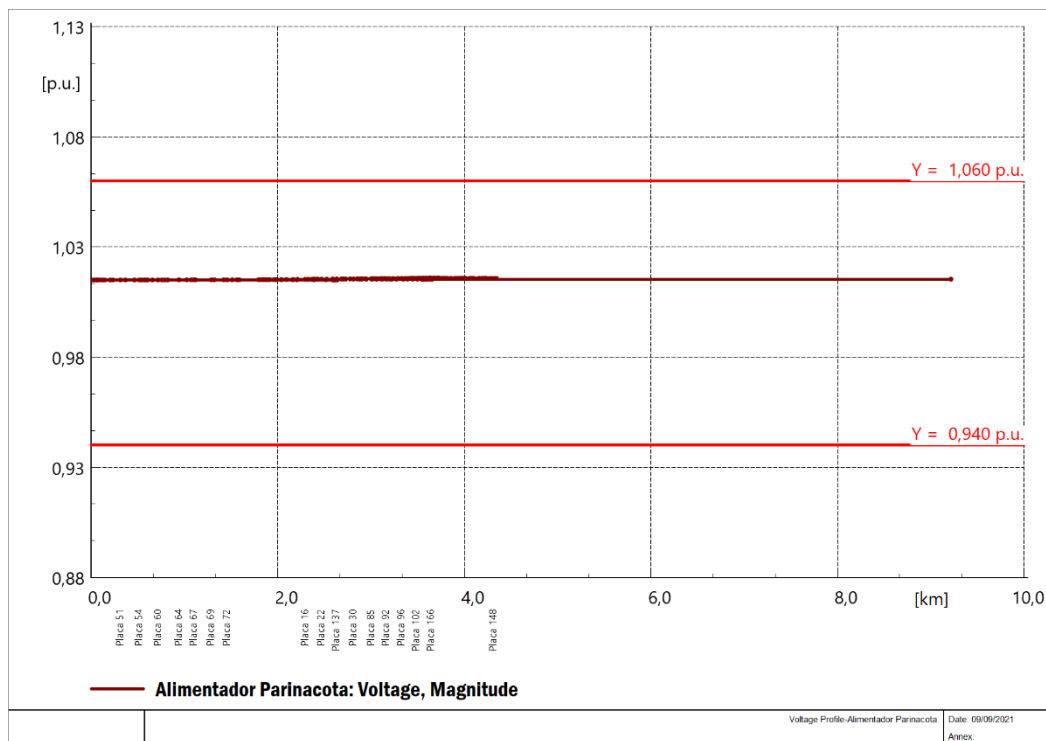


Figura 12: Gráfico perfil de tensión en escenario B2.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 30 de 33

14.4 ESCENARIO 1

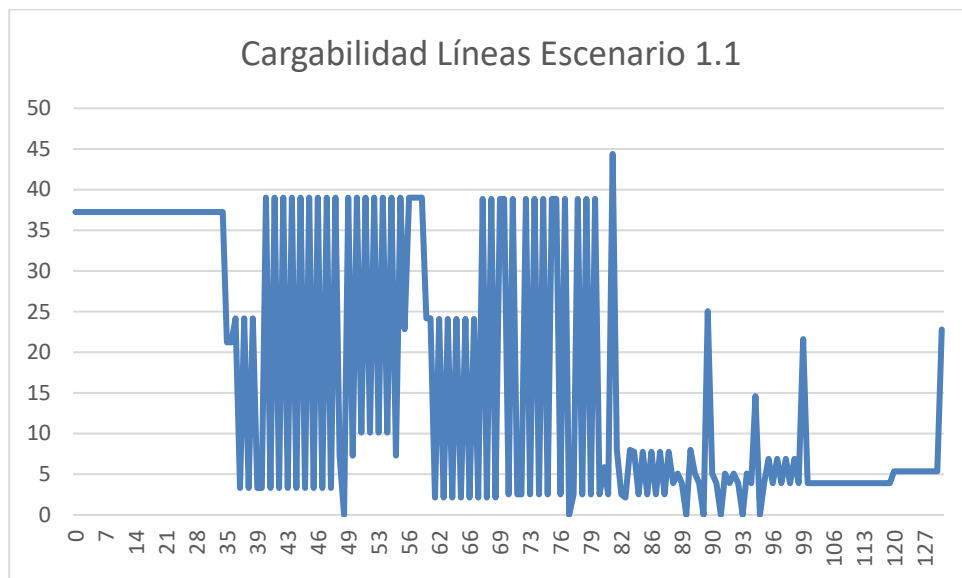


Figura 13: Gráfico cargabilidad líneas en escenario 1.1.

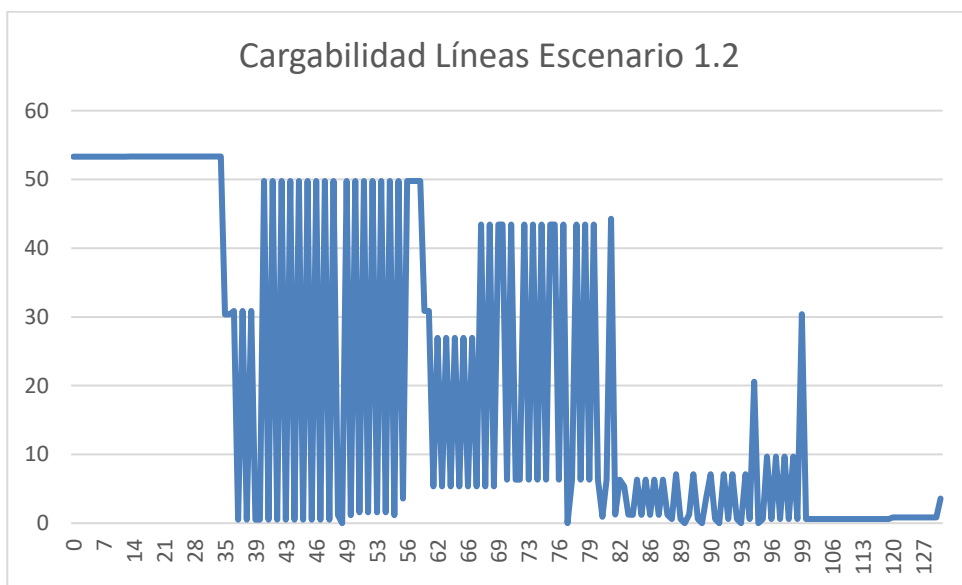


Figura 14: Gráfico cargabilidad líneas en escenario 1.2.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 31 de 33

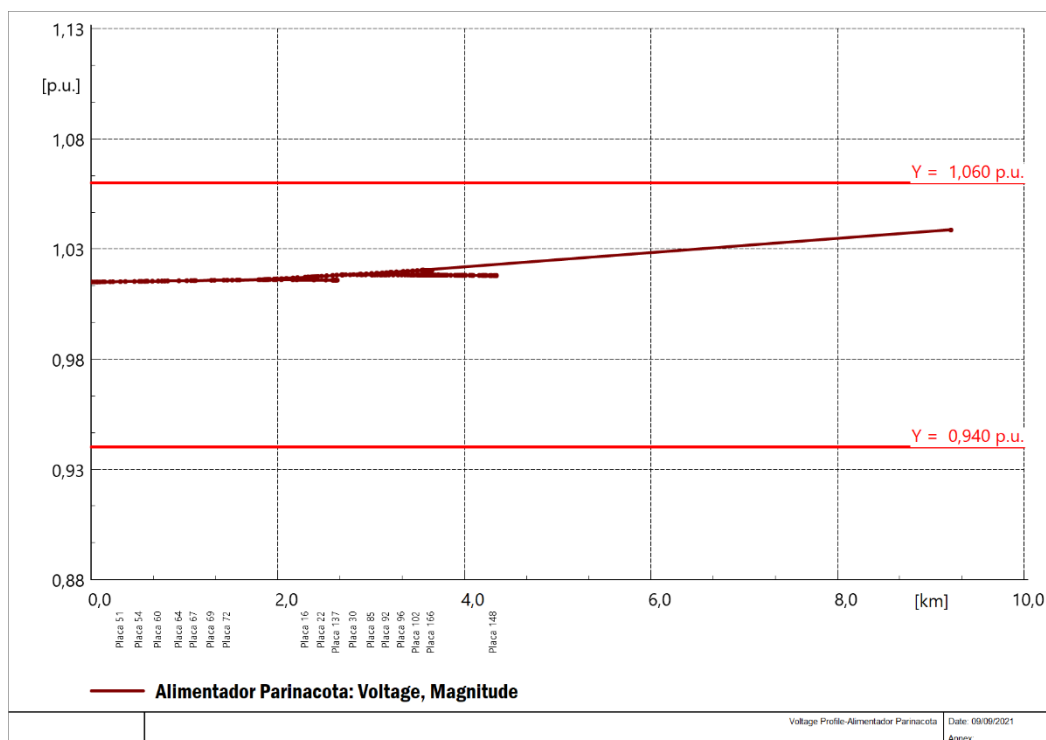


Figura 15: Gráfico perfil de tensión en escenario 1.1.

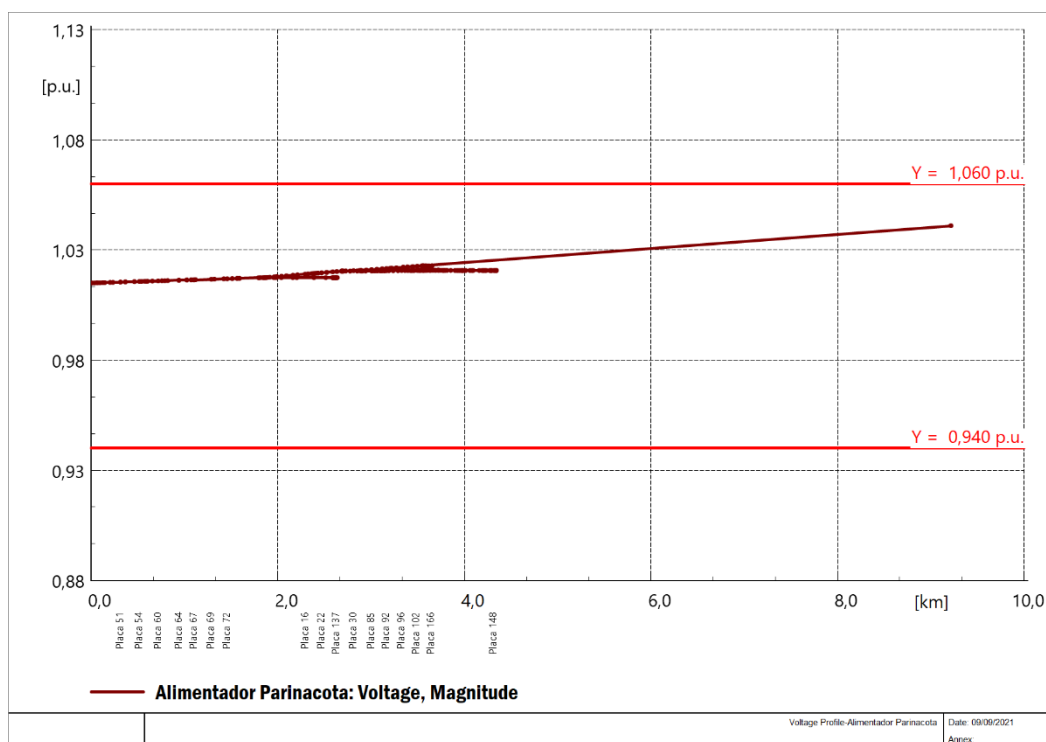


Figura 16: Gráfico perfil de tensión en escenario 1.2.

	Informe de Criterios de Conexión Planta Solar Aguas Claras SpA: PMGD 1692 Planta Solar Aguas Claras	Nov/ 2021
		Página 32 de 33

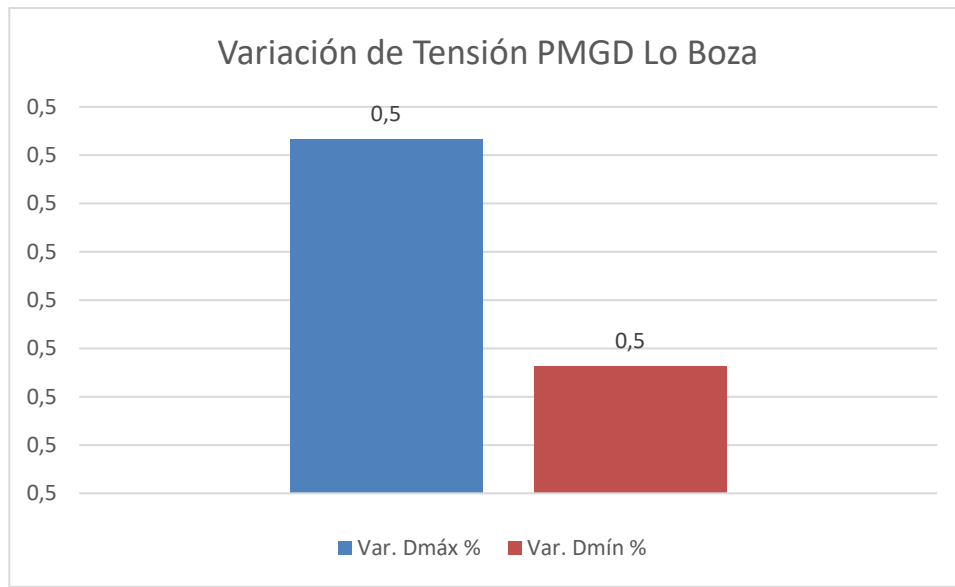


Figura 17: Gráfico variación de tensión PMGD Lo Boza en escenarios 1-B.

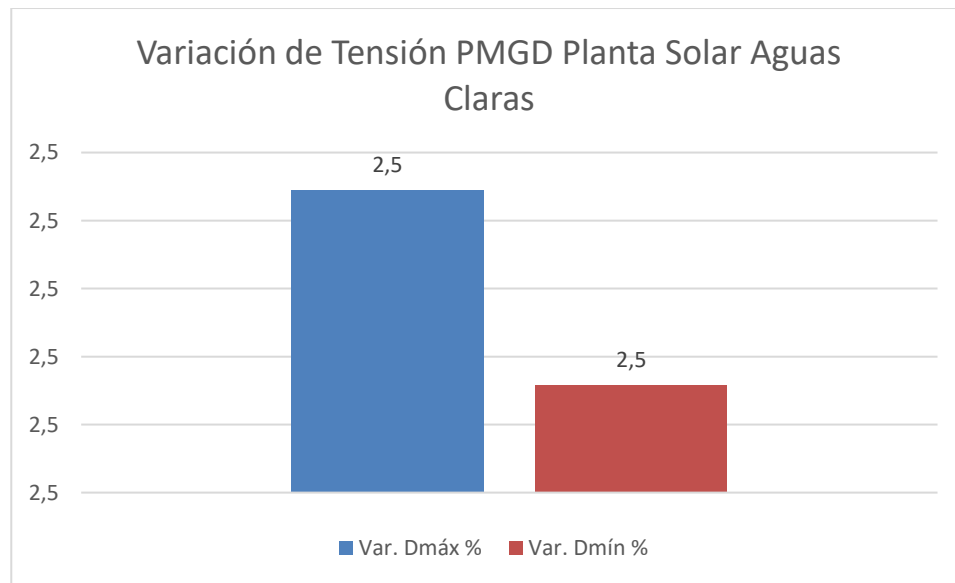


Figura 18: Gráfico variación de tensión PMGD Planta Solar Aguas Claras en escenarios 1-B.