

# Cálculo de factores de referenciación de nuevo Alimentador La Laguna

14 de agosto de 2020

Preparado para:



## VERSIÓN Y CONTROL DE REVISIÓN

SYSTEP Ingeniería y Diseños S.A.					
Versión	Fecha	Redactó	Revisó	Aprobó	Comentarios
1	14/08/2020	JPB	CSL	BVG	-

## INDICE

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>3</b>
1.1	Objetivos del estudio	3
<b>2</b>	<b>Antecedentes</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Requerimientos Normativos</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Metodología y supuestos</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Matriz de Factores de Referenciación</b>	<b>9</b>

## 1 Introducción

Cooperativa Eléctrica de Curicó Ltda., en adelante "CEC" o "El Cliente", propietaria del alimentador Los Queñes, ubicado en la Región del Maule, comuna de Teno, en cumplimiento con el artículo 3-8 de la Norma Técnica de Conexión y Operación de PMGD en instalaciones de Media Tensión en adelante "NTCO", debe actualizar el cálculo de factores de referenciación para el período 2020 de su alimentador. Esto en consideración de que a partir a agosto de 2020 hubo un cambio relevante en la topología original del alimentador Los Queñes. Dicho cambio consistió en la separación de las instalaciones originales del alimentador Los Queñes en dos nuevos alimentadores denominados La Laguna y Los Queñes, ambos suministrados desde SE Teno. La separación se efectúa tras el primer tramo del original alimentador Los Queñes, por lo que se asume que en términos prácticos ocurre en la propia cabecera del alimentador original.

En este contexto, el Cliente ha solicitado a Systep Ingeniería y Diseños S.A., en adelante "Systep" o "El Consultor", el desarrollo de la actualización del cálculo de los factores de referenciación establecidos en la Normativa vigente, publicada en julio de 2019 para el nuevo alimentador La Laguna.

Los factores de referenciación aplican a los PMGD, ya que las inyecciones de energía y potencia de estos deben ser referidas a la barra de la subestación de distribución primaria asociada al medio de generación. En particular, el Alimentador La Laguna, tiene conectado a sus redes el PMGD Santa Laura 1,43 MW.

Estos factores deben ser calculados por la empresa distribuidora una vez al año, utilizando como datos de cálculo, los registros horarios de la operación real de la demanda del alimentador y generación de los PMGD, desde una fecha que represente el estado actual del alimentador hasta el 30 de septiembre del año en curso. Además, se deben considerar para el cálculo a los perfiles de tensión en cabecera del alimentador, así como la previsión de inyección anual prevista para aquellos PMGD que aún no entran en operación o que no disponen de registros de operación real en la ventana de tiempo definida para la realización del cálculo.

Para el desarrollo del estudio, CEC ha entregado a Systep un perfil de distribución de carga y las lecturas reales de la cabecera del Alimentador Los Queñes Original, además de las lecturas disponibles del PMGD Santa Laura, a partir de lo cual se recalcularán los factores de referenciación de forma que apliquen correctamente dentro del alimentador La Laguna.

El presente informe abarca la metodología empleada y los resultados obtenidos en el cálculo de cada factor de referenciación del Alimentador La Laguna para el PMGD Santa Laura, a partir de noviembre de 2019 hasta finales de octubre de 2020.

### 1.1 Objetivos del estudio

El objetivo principal del estudio es calcular la matriz de factores de referenciación del PMGD Santa Laura dentro del Alimentador La Laguna, propiedad de CEC, según el procedimiento de cálculo en el Capítulo 3 de la NTCO publicada en julio de 2019.

## 2 Antecedentes

El alcance de este estudio comprende desde la barra de distribución primaria de la subestación Teno de propiedad de Transnet hasta el extremo final del Alimentador La Laguna, propiedad de CEC, incluyendo el PMGD Santa Laura.

Para el desarrollo del presente estudio se ha utilizado la modelación del Alimentador Los Queñes Original elaborada por CEC (Figura 2-1), pero considerando en el cálculo únicamente a las instalaciones correspondientes al nuevo Alimentador La Laguna.

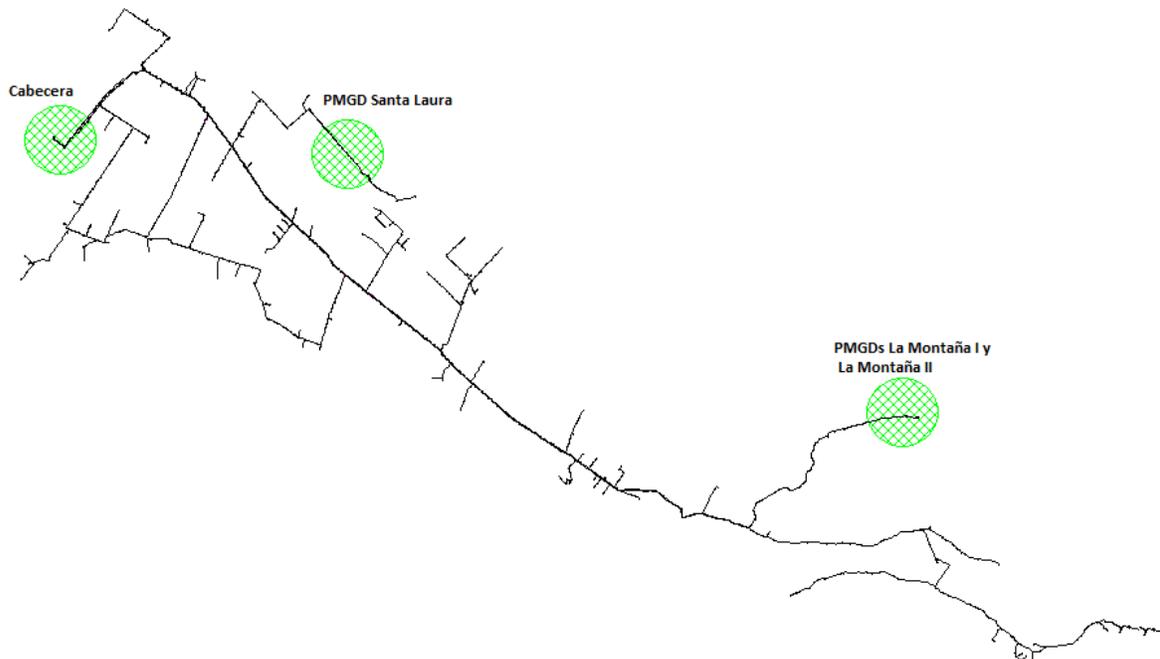


Figura 2-1: Diagrama unilínea de la red de la red MT del Alimentador Los Queñes Original.

## 3 Requerimientos Normativos

El cálculo de los factores de referenciación para un alimentador se realiza de acuerdo a lo establecido en el Capítulo 3 de la NTCO, en particular se siguen los lineamientos que se detallan a continuación.

El artículo 3-3 de la NTCO establece que:

*El Factor de Referenciación de un Alimentador deberá ser calculado por la Empresa Distribuidora una vez al año y comunicado al Coordinador y a los propietarios de los PMGD, cuya fecha será el primer día hábil del mes de noviembre. Se deberán utilizar como datos de cálculo, los registros horarios de la operación real de demanda del Alimentador y generación de los PMGD desde una fecha que represente el estado actual del Alimentador hasta el 30 de septiembre del año del cálculo en curso. Además deberán ser utilizados y considerados en el cálculo los perfiles de tensión en cabecera del(los) Alimentador(es) y los requerimientos de reactivos por parte de los PMGD. Para el caso descrito en el segundo inciso del Artículo 3-2, la Empresa Distribuidora propietaria del Alimentador que se conecte a un Alimentador de propiedad de otra Empresa Distribuidora, deberá proporcionar la información necesaria para el cálculo en un plazo que no excederá el quinto día hábil del mes de octubre.*

La Empresa Distribuidora deberá enviar junto a la comunicación al Coordinador y a los propietarios de los PMGD, la base de datos utilizada para el cálculo de los FR, las memorias de cálculo y una minuta explicativa que resuma el proceso.

El Factor de Referenciación será idéntico para todos los PMGD conectados a un mismo Alimentador, a excepción de los que aún mantengan acuerdos de pérdidas con la Empresa Distribuidora, los cuales tendrán, por el plazo definido en dicho acuerdo, Factores de Referenciación igual a uno. Una vez vencido dicho acuerdo, el PMGD en cuestión deberá adoptar el FR respectivo del Alimentador al cual se conecta.

Si para la fecha de cálculo del FR existe uno o más PMGD que no dispongan de registros de operación real en la ventana de tiempo definida en el primer inciso del presente artículo, estos deberán ser considerados en el cálculo utilizando para ello las inyecciones proyectadas entregadas por el Interesado en el "formulario de presentación de SCR"

Así mismo, la metodología a ser aplicada se describe en detalle en el capítulo 3-5 de la NTCO:

El Factor de Referenciación corresponderá a una matriz, cuyos valores dependerán de la Generación Agregada de los PMGD conectados y de la Potencia Consumida del Alimentador.

Los datos indicados en el Artículo 3-3 se utilizarán para realizar el cálculo de los factores de referenciación de la matriz.

Las demandas a utilizar deberán representar un comportamiento normal de la red de distribución, excluyéndose de los cálculos aquellos registros horarios que representen una condición anormal del sistema, ya sea por error en las mediciones, por alguna maniobra o trasposos de carga entre Alimentadores, o por algún otro motivo

Para conformar la matriz de FR, se debe realizar una clasificación por 10 intervalos de Generación Agregada de PMGD y 10 intervalos de Potencia Consumida, de acuerdo a lo que se señala a continuación:

$$IG_i = \left[ G_{\min} + \frac{(i-1)}{10} \cdot (G_{\max} - G_{\min}), G_{\min} + \frac{i}{10} \cdot (G_{\max} - G_{\min}) \right]$$

$$ID_j = \left[ D_{\min} + \frac{(j-1)}{10} \cdot (D_{\max} - D_{\min}), D_{\min} + \frac{j}{10} \cdot (D_{\max} - D_{\min}) \right]$$

Donde:

$IG_i$  : Intervalo  $i$ -ésimo de Generación Agregada de los PMGD del Alimentador.  $i = [1, 10]$ .

$ID_j$  : Intervalo  $j$ -ésimo de Potencia Consumida del Alimentador.  $j = [1, 10]$ .

$G_{\min}$  : Generación Agregada mínima del conjunto de PMGD del Alimentador, a partir de los datos indicados en el Artículo 3-3.

$D_{\min}$  : Potencia Consumida mínima del Alimentador, a partir de los datos indicados en el Artículo 3-3.

$G_{\max}$  : Generación Agregada máxima del conjunto de PMGD del Alimentador, a partir de los datos indicados en el Artículo 3-3.

$D_{\max}$  : Potencia Consumida máxima del Alimentador, a partir de los datos indicados en el Artículo 3-3.



## 4 Metodología y supuestos

Para el cálculo se consideró la aplicación del procedimiento descrito en el capítulo 3 de la NTCO para PMGD. Esto incluyendo las etapas de cálculo de flujos de potencia AC horarios y construcción de tabla matriz de factores de referenciación para el año 2020. Todo lo anterior, en base al modelo eléctrico en formato DigSILENT y registros horarios tomados tanto en la cabecera del alimentador y como en los puntos de conexión de PMGD provistas por la Cooperativa Eléctrica de Curicó.

Sin perjuicio de lo anterior, y considerando que la NTCO para PMGD deja abiertos algunas consideraciones del cálculo, se establecieron una serie de supuestos metodológicos para el cálculo de la matriz de factores de referenciación.

A continuación, se detallan la metodología y los supuestos empleados por System:

- El cálculo de flujos de potencia AC horarios son realizados mediante el software DigSILENT.
- En base a las mediciones de operación real del alimentador Los Queñes Original entregadas, se calcula por medio de flujos de potencia AC el perfil horario de potencia demandada por cada una de las cargas del alimentador original y las lecturas de cabecera de los nuevos alimentadores Los Queñes y La Laguna, las cuales corresponden a la separación del antiguo alimentador Los Queñes tras su primer tramo. Tanto los valores de demandas MT como los registros de cabecera calculados para los nuevos alimentadores son luego utilizados en el cálculo de matriz de factores de referenciación de cada nuevo alimentador.
- Los perfiles de demanda de aquellas cargas que pertenecen al nuevo Alimentador La Laguna son considerados para calcular, mediante flujos de potencia AC, la operación<sup>1</sup> del alimentador en los casos con y sin los PMGD.
- En cuanto a registros de tensión, para el nuevo Alimentador La Laguna se considerarán los registros horarios de tensión en cabecera del alimentador Los Queñes Original.
- Dado que las demandas a utilizar en el cálculo de los intervalos de potencia consumida deberán representar un comportamiento normal de la red (según lo establece la NTCO en el artículo 3-5), es que se eliminan del registro aquellas horas donde se observe alguna de las siguientes condiciones:
  - La Potencia Consumida<sup>2</sup> se encuentre dentro del 1% menor y el 1% mayor de la operación anual.
  - Potencia Consumida por el alimentador sea menor que cero.

En cuanto a la creación de datos para completar el cálculo en aquellas ventanas de la matriz vacías, el artículo 3-6 de la NTCO para PMGD establece cómo estimar la Potencia Consumida y la Generación Agregada en dichas ventanas. Sin embargo, esta no establece claramente como determinar los niveles de generación de cada PMGD, ni como establecer la potencia reactiva consumida en el alimentador para estas condiciones. Para solucionar esto se aplicaron los siguientes supuestos para el nuevo alimentador La Laguna:

- Para cada intervalo de Potencia Consumida, la potencia reactiva de las demandas se obtendrá utilizando el factor de potencia promedio de las

---

<sup>1</sup> Considera demanda en retiros MT obtenida de la operación real para el periodo de registro e inyecciones de PMGDs proyectados con la inyección real histórica o estimada en caso de que no esté disponible.

<sup>2</sup> Definida en conformidad al Artículo 1-11 de la NTCO para PMGD.

cargas del alimentador de todos los registros de este que se encuentren dentro del intervalo ( $ID_i$ ).

- En cuanto a la distribución de la Generación Agregada entre los PMGD, los distintos niveles de Generación Agregada se distribuirán a prorrata de las potencias promedio inyectadas en su punto de conexión por cada uno de los PMGD dentro del intervalo de generación evaluado ( $IG_i$ ).
- En cuanto a la potencia reactiva inyectada en el punto de conexión por cada uno de los PMGD, ésta se obtendrá en función de la proporción entre las potencias reactiva y activa promedios, inyectadas por cada PMGD dentro del intervalo de generación evaluado ( $IG_i$ ).
- La norma establece que los  $(k+2)$  niveles de Generación Agregada creados para una ventana sin registro, deben abarcar los casos más representativos de generación, tomando en cuenta las tecnologías de cada PMGD. En consideración a lo anterior, es que dentro de los registros creados se establecerán al menos 2 combinaciones de generación de los PMGD, en donde las centrales fotovoltaicas no se encuentren inyectando en su punto de conexión (situación noche). Lo anterior se realizará sólo dentro de aquellos niveles de Generación Agregada donde la potencia a prorratar no supere la suma de las capacidades instaladas de los PMGD restantes (no fotovoltaicos).
- En cuanto a la tensión en cabecera, esta es establecida como el promedio de las tensiones de cabecera observadas en los registros que se encuentran dentro del intervalo de generación evaluado ( $IG_i$ ).

Se destaca que, en particular para el caso del nuevo Alimentador La Laguna, no se requirió de la creación de nuevos datos para completar el cálculo la matriz de factores de referenciación.

## 5 Matriz de Factores de Referenciación

A partir de la información enviada por CEC, se realizó el cálculo de factores de referenciación, utilizando la metodología de la NTCO y los supuestos establecidos en el capítulo 4, tomando como punto de partida los registros horarios de potencia activa, reactiva y tensión en cabecera, así como las inyecciones de potencia activa y reactiva del PMGD del alimentador.

Con todo lo anterior, los factores de referenciación obtenidos por Systep son los siguientes:

**Tabla 5-1: Matriz de FR para el nuevo Alimentador La Laguna calculada por Systep**

IG\ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	0,958	0,967	0,978	0,990	1,004	1,017	1,030	1,044	1,057	1,073
9	0,961	0,973	0,985	0,995	1,005	1,021	1,036	1,046	1,060	1,076
8	0,970	0,981	0,991	1,001	1,012	1,029	1,044	1,055	1,070	1,085
7	0,978	0,988	0,998	1,009	1,025	1,035	1,051	1,065	1,077	1,089
6	0,982	0,995	1,005	1,015	1,028	1,043	1,057	1,069	1,083	1,098
5	0,990	1,002	1,012	1,024	1,035	1,051	1,067	1,082	1,094	1,108
4	0,997	1,009	1,020	1,031	1,047	1,061	1,074	1,090	1,104	1,118
3	1,003	1,016	1,028	1,038	1,052	1,068	1,082	1,097	1,111	1,126
2	1,012	1,024	1,035	1,046	1,059	1,076	1,090	1,107	1,122	1,138
1	1,018	1,029	1,041	1,053	1,065	1,083	1,100	1,113	1,132	1,145

Donde los rangos los límites de los rangos de IG e ID son los descritos en la Tabla 5-2.

**Tabla 5-2: Límites para los intervalos de Potencia Consumida y Generación Agregada para el nuevo Alimentador La Laguna.**

Potencia Consumida [kW]			Generación Agregada [kW]		
Rango: IDx	Límite inferior	Límite superior	Rango: IGx	Límite inferior	Límite superior
1	654,21	1139,97	1,00	0,00	142,83
2	1139,97	1625,74	2,00	142,83	285,66
3	1625,74	2111,50	3,00	285,66	428,49
4	2111,50	2597,27	4,00	428,49	571,32
5	2597,27	3083,03	5,00	571,32	714,16
6	3083,03	3568,80	6,00	714,16	856,99
7	3568,80	4054,56	7,00	856,99	999,82
8	4054,56	4540,33	8,00	999,82	1142,65
9	4540,33	5026,09	9,00	1142,65	1285,48
10	5026,09	5511,86	10,00	1285,48	1428,31