



ESTUDIOS
SISTEMICOS
POR UN MUNDO MAS RENOVABLE

CLIENTE: ENERBLAN

INFORME DE PROCESO DE PARTIDA Y DETENCIÓN (PPYD)

PFV Espiga de Oro (NUP 3561)

CÓDIGO: 24128-INF-ENE-009

REVISIÓN B

Fecha de emisión: 19/12/2024



www.estudiossistemicos.cl



El presente documento fue preparado por los siguientes profesionales de Estudios Sistémicos SpA.

| Profesional | Correo | Departamento |
|---------------------|--|-----------------------------|
| Franco Leonel Musso | franco.musso@estudiossistemicos.cl | Departamento de Ensayos |
| Emiliano Chiapponi | emiliano.chiapponi@estudiossistemicos.cl | Departamento de Ensayos |
| Diego Millán Cartes | diego.millan@estudiossistemicos.cl | Departamento de Operaciones |

La fecha de emisión de cada revisión y la actividad de los respectivos encargados se indican en la siguiente tabla:

| Revisión | Fecha | Realizó | Revisó | Aprobó | Comentarios |
|----------|------------|---------|--------|--------|-------------------------------------|
| A | 16.12.2024 | FLM | ENC | DMC | Para presentar |
| B | 19.12.2024 | FLM | ENC | DMC | Contempla observaciones del cliente |

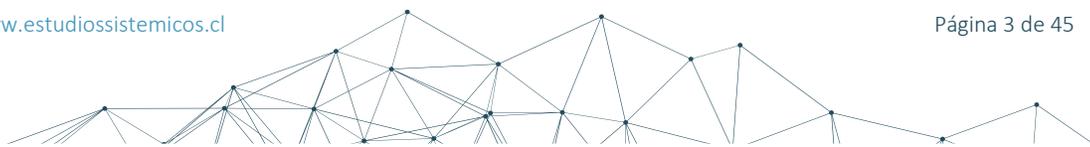
No se permiten copias de este documento sin la autorización de ESTUDIOS SISTÉMICOS SpA





TABLA DE CONTENIDOS

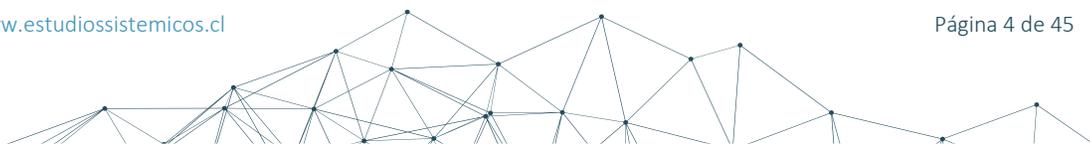
| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 6 |
| 1.1 Abreviaturas y definiciones | 7 |
| 1.2 Nomenclatura..... | 8 |
| 1.3 Listado de señales..... | 9 |
| 1.4 Personal participante..... | 9 |
| 1.5 Equipo utilizado | 10 |
| 2. ASPECTOS NORMATIVOS | 10 |
| 3. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL | 11 |
| 3.1 Diagrama unilineal simplificado (DUS)..... | 12 |
| 3.2 Paneles fotovoltaicos..... | 15 |
| 3.3 Inversores | 15 |
| 3.4 Transformador principal..... | 17 |
| 3.5 Transformador de servicios auxiliares (SSAA)..... | 18 |
| 4. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN | 19 |
| 4.1 Introducción | 19 |
| 4.2 Determinación de consumo de SSAA de la planta..... | 19 |
| 4.3 Parámetros de partida y detención a nivel inversor | 20 |
| 4.3.1 Parámetros de detención | 21 |
| 4.3.2 Parámetros de partida..... | 24 |
| 4.4 Parámetros de partida y detención a nivel parque completo | 27 |
| 4.4.1 Parámetros de detención | 28 |
| 4.4.2 Parámetros de partida..... | 31 |
| 4.5 Resumen de resultados | 34 |
| 5. CONCLUSIONES | 36 |
| 6. ANEXOS | 37 |
| 7. REFERENCIAS | 44 |





ÍNDICE DE TABLAS

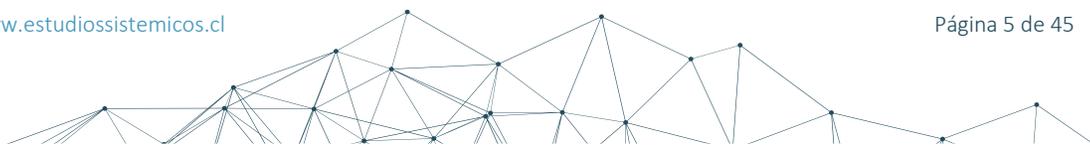
| | |
|---|----|
| Tabla 1-1: Abreviaturas y descripciones generales | 7 |
| Tabla 1-2: Listado de señales | 9 |
| Tabla 1-3: Personal participante en los ensayos..... | 9 |
| Tabla 1-4: Equipo utilizado en los ensayos | 10 |
| Tabla 3-1: Longitudes y tipo de conductor de los tramos de la red colectora | 12 |
| Tabla 3-2: Inversor cercano y lejano del parque..... | 12 |
| Tabla 3-3: Parámetros principales – Paneles fotovoltaicos CanadianSolar CS7N-660MB-AG [4] | 15 |
| Tabla 3-4: Parámetros principales – Inversores Sungrow SG350HX [5] [6] | 15 |
| Tabla 3-5: Parámetros principales – Transformador principal [8] | 17 |
| Tabla 3-6: Parámetros principales – Transformador de servicios auxiliares (SSAA) [9] | 18 |
| Tabla 4-1: Resultados del proceso de detención – Inversor INV02 | 23 |
| Tabla 4-2: Resultados del proceso de partida – Inversor INV02 | 26 |
| Tabla 4-3: Resultados del proceso de detención – PFV Espiga de Oro | 30 |
| Tabla 4-4: Resultados del proceso de partida – PFV Espiga de Oro | 33 |
| Tabla 4-5: Resumen de resultados del proceso de partida – Inversor INV02 | 34 |
| Tabla 4-6: Resumen de resultados del proceso de detención – Inversor INV02 | 34 |
| Tabla 4-7: Resumen de resultados del proceso de partida – PFV Espiga de Oro | 35 |
| Tabla 4-8: Resumen de resultados del proceso de detención – PFV Espiga de Oro | 35 |
| Tabla 5-1: Resumen de resultados proceso de partida | 36 |
| Tabla 5-2: Resumen de resultados proceso de detención | 36 |
| Tabla 6-1: Consumos – Transformador principal [12]..... | 42 |





ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1-1: Esquema simplificado de un parque fotovoltaico..... | 8 |
| Figura 3-1: Ubicación geográfica – PFV Espiga de Oro | 11 |
| Figura 3-2: Diagrama unilíneal – PFV Espiga de Oro [2]..... | 13 |
| Figura 3-3: Distribución de los paneles – PFV Espiga de Oro [3]..... | 14 |
| Figura 3-4: Diagrama de bloques simplificado – Inversores Sungrow SG350HX [5] | 15 |
| Figura 3-5: Curva de capacidad @30°C – Inversores Sungrow SG350HX [7] | 16 |
| Figura 3-6: Curva de eficiencia – Inversores Sungrow SG350HX [5] | 16 |
| Figura 4-1: Ensayo para determinar consumo SSAA – ningún inversor en servicio – PNETA | 20 |
| Figura 4-2: Ensayo de detención y partida – Inversor INV02 | 21 |
| Figura 4-3: Proceso de detención – Inversor INV02 | 22 |
| Figura 4-4: Proceso de partida – Inversor INV02 | 24 |
| Figura 4-5: Ensayo de detención y partida – PFV Espiga de Oro..... | 27 |
| Figura 4-6: Proceso de detención – PFV Espiga de Oro | 28 |
| Figura 4-7: Proceso de partida – PFV Espiga de Oro..... | 31 |
| Figura 6-1: Hoja de datos – Paneles fotovoltaicos CanadianSolar CS7N-660MB-AG [4]..... | 37 |
| Figura 6-2: Hoja de datos – Inversores Sungrow SG350HX [5] | 38 |
| Figura 6-3: Consumo de inversores Sungrow SG350HX [6] | 39 |
| Figura 6-4: Hoja de datos – Transformador principal [8]..... | 40 |
| Figura 6-5: Foto de placa – Transformador principal..... | 41 |
| Figura 6-6: Foto de placa – Transformador principal..... | 41 |
| Figura 6-7: Hoja de datos – Transformador de SSAA [9]..... | 43 |





INFORME DE PROCESO DE PARTIDA Y DETENCIÓN (PPyD) PFV Espiga de Oro (NUP 3561)

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe documenta el proceso de determinación, y los resultados correspondientes, al proceso de partida y detención del PFV Espiga de Oro (NUP 3561). El mismo se realiza a partir de las pruebas llevadas a cabo en terreno, en función con lo establecido en el “*Anexo Técnico Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras*” [1].

El PFV Espiga de Oro (NUP 3561) se encuentra localizado en la región de Bio Bio, comuna de Negrete, localidad de Vaquería, Chile. Se trata de un parque fotovoltaico compuesto por ocho (8) inversores SunGrow SG350HX de 352 kVA@30°C de potencia nominal, un (1) transformador elevador de relación 23/0,8 kV y 3200 kVA de potencia nominal, y un (1) transformador de servicios auxiliares (SSAA) de relación 0,8/0,4 kV y potencia nominal 15 kVA. En total, el PFV Espiga de Oro cuenta con una **potencia instalada de 2,816 MW**. La potencia instalada corresponde a la sumatoria de la potencia nominal de los inversores del parque.

Los resultados del presente informe se basan en ensayos realizados, sobre los inversores y el PFV Espiga de Oro en su totalidad, durante los días 28 y 29 de noviembre del 2024.

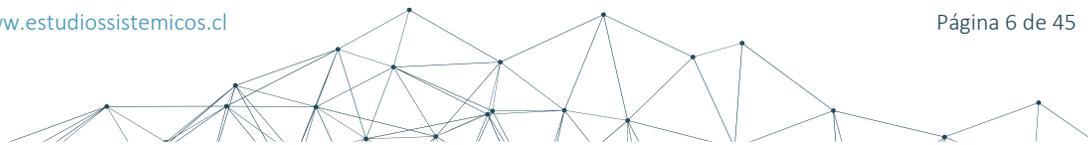
Dentro de este informe, en la sección 3, se incluye un resumen de los aspectos normativos exigidos en el documento “*Anexo Técnico Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras*” [1].

Posteriormente, en la sección 3, se realizará una descripción detallada del PFV Espiga de Oro. Dentro de la misma se presentarán los principales elementos del parque, siendo estos: los paneles fotovoltaicos, los inversores, el transformador principal y el transformador de SSAA. Adicionalmente, se indicarán los parámetros principales, y se presentarán capturas de los documentos de los fabricantes, de los mismos. Toda la información presentada en este informe podrá encontrarse dentro del archivo “24128-ANX-ENE-010 – PFV Espiga de Oro – Anexo documentos”, el cual se enviará junto con el presente informe.

En la sección 4 se realiza la determinación de los parámetros del proceso de partida y detención, tanto a nivel inversor (4.3), como del parque en su conjunto (4.4). Dentro de la misma, también se resumen los resultados obtenidos (4.5).

Finalmente, en la sección 5, se presentan las conclusiones. Dichas conclusiones surgen de los diferentes ensayos y cálculos realizados del presente informe.

Adicionalmente, en la sección 6, se presentan capturas de los diferentes documentos utilizados en el informe. Estas capturas están principalmente relacionadas con la información presentada en la sección 3. Toda la información presentada en la sección 6 se enviará, junto con este informe, en el archivo “24128-ANX-ENE-010 – PFV Espiga de Oro – Anexo documentos”.





1.1 Abreviaturas y definiciones

En la Tabla 1-1 se presentan las abreviaturas utilizadas en el presente documento. Para cada una de las mismas se indica su correspondiente descripción.

Tabla 1-1: Abreviaturas y descripciones generales

| Abreviatura | Descripción |
|----------------|--|
| CEN | Coordinador Eléctrico Nacional |
| SEN | Sistema Eléctrico Nacional |
| PPyD | Proceso de Partida y Detención |
| SI | Sistema Interconectado |
| MT | Media Tensión – 23 kV |
| BT | Baja Tensión – 0,8 kV |
| POI | Punto de Interconexión ('Point Of Interconnection') |
| INV | Inversor fotovoltaico |
| SSAA | Servicios Auxiliares |
| P_{neta} | Potencia activa neta generada por el parque en su POI |
| P_{bruta} | Sumatoria de la potencia activa bruta generada por cada uno de los inversores del parque en BT |
| $P_{tr.princ}$ | Pérdidas del transformador principal del parque |
| P_{SSAA} | Potencia activa consumida por los servicios auxiliares del parque |
| $P_{colector}$ | Pérdidas en el sistema colector del parque |
| TMD | Tiempo mínimo de detención |
| TMO | Tiempo mínimo de operación |

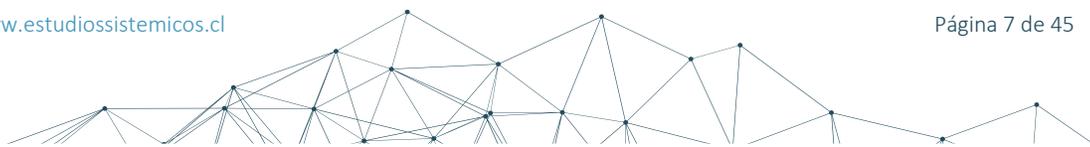
El documento de “Anexo Técnico Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras” [1] presenta definiciones a considerar en la elaboración del informe, las cuales se enuncian a continuación:

Mínimo técnico: Se entenderá por mínimo técnico a la potencia activa bruta mínima, con la cual una unidad puede operar en forma permanente, segura y estable inyectando energía al SI en forma continua.

Procesos de partida: El proceso de partida de una unidad generadora es aquel que permite llevar la unidad desde el estado apagado hasta su condición de operación a mínimo técnico, inyectando energía al SI de manera segura y estable. Al término de este proceso, la unidad generadora se considerará en servicio.

Proceso de detención: El proceso de detención de una unidad generadora es aquel que permite que la unidad deje de entregar energía al sistema, partiendo del punto de operación a mínimo técnico hasta quedar en estado apagado.

Tiempo de partida: El tiempo de partida corresponde al tiempo requerido para realizar el proceso de partida de una unidad generadora.





Tiempo de detención: El tiempo de detención corresponde al tiempo requerido para realizar el proceso de detención de una unidad generadora.

Condición fuera de servicio: Se entenderá que una unidad generadora se encuentra fuera de servicio cuando ésta deja de inyectar energía y se encuentra desconectada del SI, verificando dicha condición a través del estado de su interruptor principal.

Estado apagado: Se entenderá que una unidad generadora se encuentra en estado apagado, cuando la unidad está completamente detenida.

Tiempo mínimo de operación (TMO): Se entiende como el tiempo mínimo que debe permanecer la unidad en servicio luego de culminado su proceso de partida, una vez alcanzada la operación estable a mínimo técnico.

Tiempo mínimo de detención (TMD): Definido como el tiempo antes de poder iniciar un nuevo proceso de partida, una vez concluido el proceso de detención programado.

1.2 Nomenclatura

La Figura 1-1 se presenta el esquema simplificado de un parque fotovoltaico. A partir del mismo, se pueden identificar y definir los elementos que se enumeran a continuación.

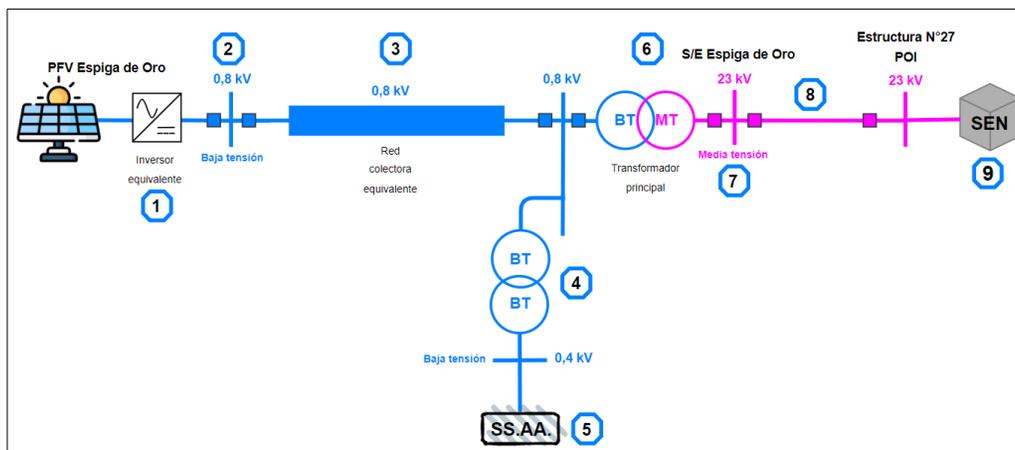


Figura 1-1: Esquema simplificado de un parque fotovoltaico

- 1- **Inversor equivalente:** Este inversor es el encargado de representar, mediante un único elemento, a todos los inversores que componen al parque. Su potencia nominal es equivalente a la sumatoria de la potencia nominal de cada uno de los inversores del parque. Representará la suma de los aportes de potencia activa de cada uno de los inversores que componen el parque. El termino asociado a dicho valor es P_{bruta} .
- 2- **Barra de baja tensión (BT):** Corresponde a la tensión nominal, en bornes, del inversor equivalente del parque. En este nivel de tensión operan los tramos de línea que conectan al inversor equivalente con el transformador principal del parque.
- 3- **Red colectora equivalente:** Representa a la red colectora equivalente del parque. Esta es la encargada de transportar la potencia generada por el inversor equivalente hasta el transformador principal de la central. La misma está compuesta por las líneas que conectan a cada uno de los inversores con el transformador principal.
- 4- **Transformador de servicios auxiliares:** Representa al transformador de baja tensión a baja tensión, encargado de alimentar los servicios auxiliares del parque.



- 5- **Servicios auxiliares (SS.AA.):** Corresponde al consumo de los SSAA de los inversores y al consumo de SSAA generales del parque, dentro de este término también se contemplan las pérdidas del transformador de SSAA.
- 6- **Barra de baja tensión (BT) del transformador principal:** Corresponde a la barra de baja tensión donde se conecta el transformador principal a la red colectora del parque.
- 7- **Transformador principal:** Este transformador es el encargado de elevar la tensión para poder conectar el parque al SEN. Las pérdidas del mismo serán representadas con el termino $P_{tr.princ}$.
- 8- **Barra de media tensión (MT) del transformador principal:** Representa al nivel de media tensión del transformador principal de la central. En este nivel de tensión el parque inyecta potencia al SEN. Para hacer referencia a la potencia inyectada, por el parque, en este punto se utilizará el termino P_{neta} .
- 9- **Línea dedicada de la central:** Línea de media tensión que vincula al parque con el SEN.
- 10- **Sistema Eléctrico Nacional (SEN).**

1.3 Listado de señales

En la Tabla 1-2 se presenta el listado de las señales utilizadas para la elaboración del presente informe.

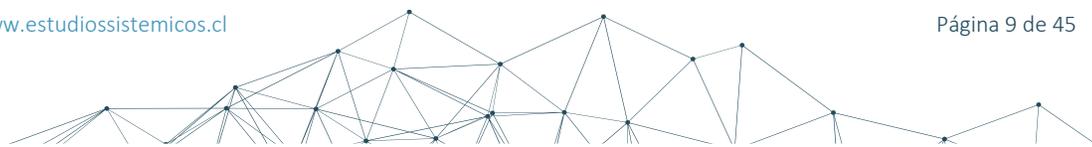
Tabla 1-2: Listado de señales

| Variable | Descripción | Punto de medición |
|----------|---|--|
| UINV | Tensión fase-fase del inversor | Bornes del inversor (BT) |
| PINV | Potencia activa del inversor | Bornes del inversor (BT) |
| QINV | Potencia reactiva del inversor | Bornes del inversor (BT) |
| UBT | Tensión fase-fase de salida de la red colectora | Bornes de BT del transformador principal (BT) |
| PBT | Potencia activa de salida de la red colectora | Bornes de BT del transformador principal (BT) |
| QBT | Potencia reactiva de salida de la red colectora | Bornes de BT del transformador principal (BT) |
| FREC | Frecuencia eléctrica | Bornes del inversor (BT) - Bornes de BT del transformador principal (BT) |

1.4 Personal participante

Tabla 1-3: Personal participante en los ensayos

| Personal | Fecha |
|------------------------------|-------------------------------|
| Ing. Carlos Núñez Cortés | 28 y 29 de noviembre del 2024 |
| Ing. Marcelo Jiménez Astorga | |





1.5 Equipo utilizado

Tabla 1-4: Equipo utilizado en los ensayos

| Marca | Modelo | Tasa de muestreo |
|--------|------------------|------------------|
| ELSPEC | G4500 (BLACKBOX) | 1 ms |

2. ASPECTOS NORMATIVOS

En el documento “Anexo Técnico Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras” [1] se establece como se debe determinar e informar los tiempos asociados a los PPyD en un sistema de generación, y la energía eléctrica consumida durante los mismos.

El tiempo de partida corresponde al tiempo requerido para realizar el proceso de partida de la unidad, desde el estado de apagado hasta llegar a su condición de operación de mínimo técnico. Mientras que el tiempo de detención corresponde al tiempo necesario para que la unidad alcance el estado de apagado, partiendo desde su mínimo técnico.

Estas pruebas se realizan a nivel inversor y a nivel planta completa.

Las empresas generadoras que estén realizando pruebas previas a su entrada en operación, deberán informar al coordinador los siguientes antecedentes de sus unidades, conforme a los términos y condiciones que se establecen en el anexo técnico [1]:

- A. Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de partida
- B. Energía eléctrica consumida durante el proceso de partida
- C. Tiempo requerido para el proceso de partida
- D. Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de detención
- E. Energía eléctrica consumida durante el proceso de detención
- F. Tiempo requerido para el proceso de detención
- G. Tiempo mínimo de operación antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida

Estos valores deberán informarse desglosado en los siguientes periodos, según corresponda:

- I. Desde el inicio del proceso de partida hasta la sincronización
- II. Desde la sincronización hasta alcanzar la operación a mínimo técnico
- III. Desde la operación a mínimo técnico hasta la operación a potencia nominal
- IV. Desde la operación a potencia nominal hasta el mínimo técnico
- V. Desde el mínimo técnico de la unidad hasta el término del proceso de detención

Los parámetros deberán ser informados adjuntando los antecedentes técnicos y respaldos representativos de las características de operación del parque.





3. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL

El PFV Espiga de Oro (NUP 3561) se encuentra localizado en la región de Bio Bio, comuna de Negrete, localidad de Vaquería, Chile. A continuación, en la Figura 3-1, se presenta la ubicación geográfica de la central.



Figura 3-1: Ubicación geográfica – PFV Espiga de Oro

El parque está compuesto por ocho (8) inversores Sungrow SG350HX de 352 kVA@30°C de potencia nominal, un transformador principal de relación 23/0,8 kV y 3200 kVA de potencia nominal, y un transformador de servicios auxiliares (SSAA) de relación 0,8/0,4 kV y potencia nominal 15 kVA. La potencia instalada del PFV Espiga de Oro es de 2816 kW.

La energía del parque es generada por paneles solares marca CanadianSolar, modelo CS7N-660MB-AG, cuya potencia máxima es de 660 W. Los paneles se agrupan en “strings” de 30 unidades, para luego conectarse a los inversores. Cada inversor se encuentra conectado a una cantidad de “strings” que puede variar entre un mínimo de 17 y un máximo de 20. El detalle de la cantidad de “strings” que se conectan a cada inversor se puede observar en la Figura 3-2.

La tensión nominal de salida de los inversores es de 0,8 kV. Los mismos se conectan al transformador elevador a través de la red colectora del parque. Dicha red cuenta con un único circuito colector que opera en 0,8 kV. El transformador principal es el encargado de elevar la tensión de la red colectora a 23 kV, para poder conectar el parque al SEN. La energía generada se transmitirá mediante una línea eléctrica de 23 kV, compuesta por un conductor desnudo tipo AAAC Alliance de 125 mm², con una longitud aproximada de 0,47 km. Esta línea se conectará al SEN a través de una conexión en derivación de la línea 1x23 kV PE La Esperanza – Negrete, en la estructura N°27.

Como se mencionó previamente, el parque cuenta con un transformador de SSAA de relación 0,8/0,4 kV y potencia nominal 15 kVA. Este transformador es el encargado de alimentar todos los servicios auxiliares de la planta.

Es importante destacar que el parque no cuenta con un control conjunto de planta (PPC). Los ocho (8) inversores del parque reciben su consigna desde un “data logger”. El mismo es marca Sungrow y modelo Logger4000. Este equipo permite configurar los diferentes parámetros de operación de los





inversores y enviar consignas de potencia activa y reactiva a los mismos, pero no posee una lógica de control propia.

El PFV Espiga de Oro (NUP 3561) no tiene habilitada la lógica de control que le permite regular la potencia reactiva en ausencia de recurso. Es decir que, el parque no realiza control de potencia reactiva durante la noche, también denominado “Q night”.

3.1 Diagrama unilineal simplificado (DUS)

En la Figura 3-2 se puede observar el diagrama unifilar simplificado del PFV Espiga de Oro. Se indica en la misma, en color verde y color azul, el transformador principal y de servicio auxiliares, respectivamente. Adicionalmente, en la Figura 3-2, se puede observar la subestación propia del parque, denominada Espiga de Oro e indicada en color rojo.

A continuación, en la Tabla 3-1, se presenta la longitud y el conductor utilizado en cada uno de los tramos de la red colectora de BT del PFV Espiga de Oro (NUP 3561).

Tabla 3-1: Longitudes y tipo de conductor de los tramos de la red colectora

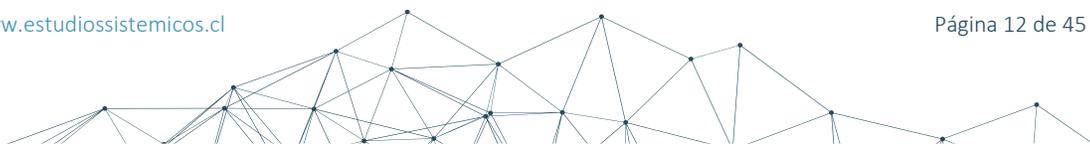
| Inicio | Fin | Longitud [km] | Conductor |
|------------|-------------------------|---------------|---|
| Inversor 1 | Transformador principal | 0,173 | TOPSOLAR PV 1500 V AL – 185 mm ² |
| Inversor 2 | | 0,125 | |
| Inversor 3 | | 0,173 | |
| Inversor 4 | | 0,125 | |
| Inversor 5 | | 0,18 | |
| Inversor 6 | | 0,131 | |
| Inversor 7 | | 0,18 | |
| Inversor 8 | | 0,131 | |

Adicionalmente, en la Tabla 3-2, se indican los inversores cercano y lejano del parque, junto con sus distancias a la S/E Espiga de Oro. Estos inversores se indican en color naranja y violeta, en la Figura 3-2, respectivamente.

Tabla 3-2: Inversor cercano y lejano del parque

| Inversor | Distancia a la S/E |
|-------------|--------------------|
| 2 (Cercano) | 0,595 km |
| 7 (Lejano) | 0,650 km |

Por otro lado, en la Figura 3-3, se puede observar la distribución de los paneles correspondiente a cada uno de los inversores del parque.



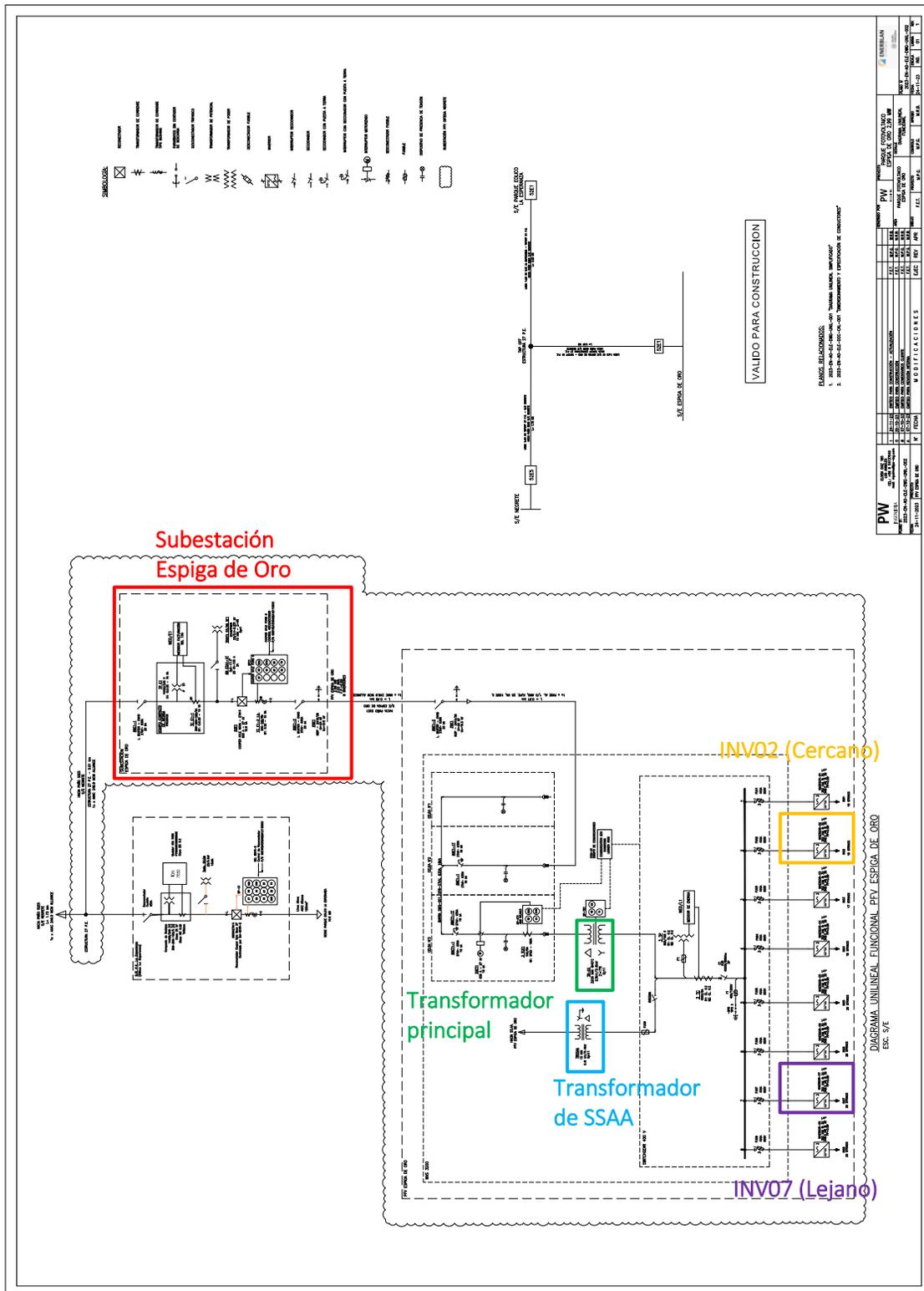


Figura 3-2: Diagrama unilineal – PFV Espiga de Oro [2]

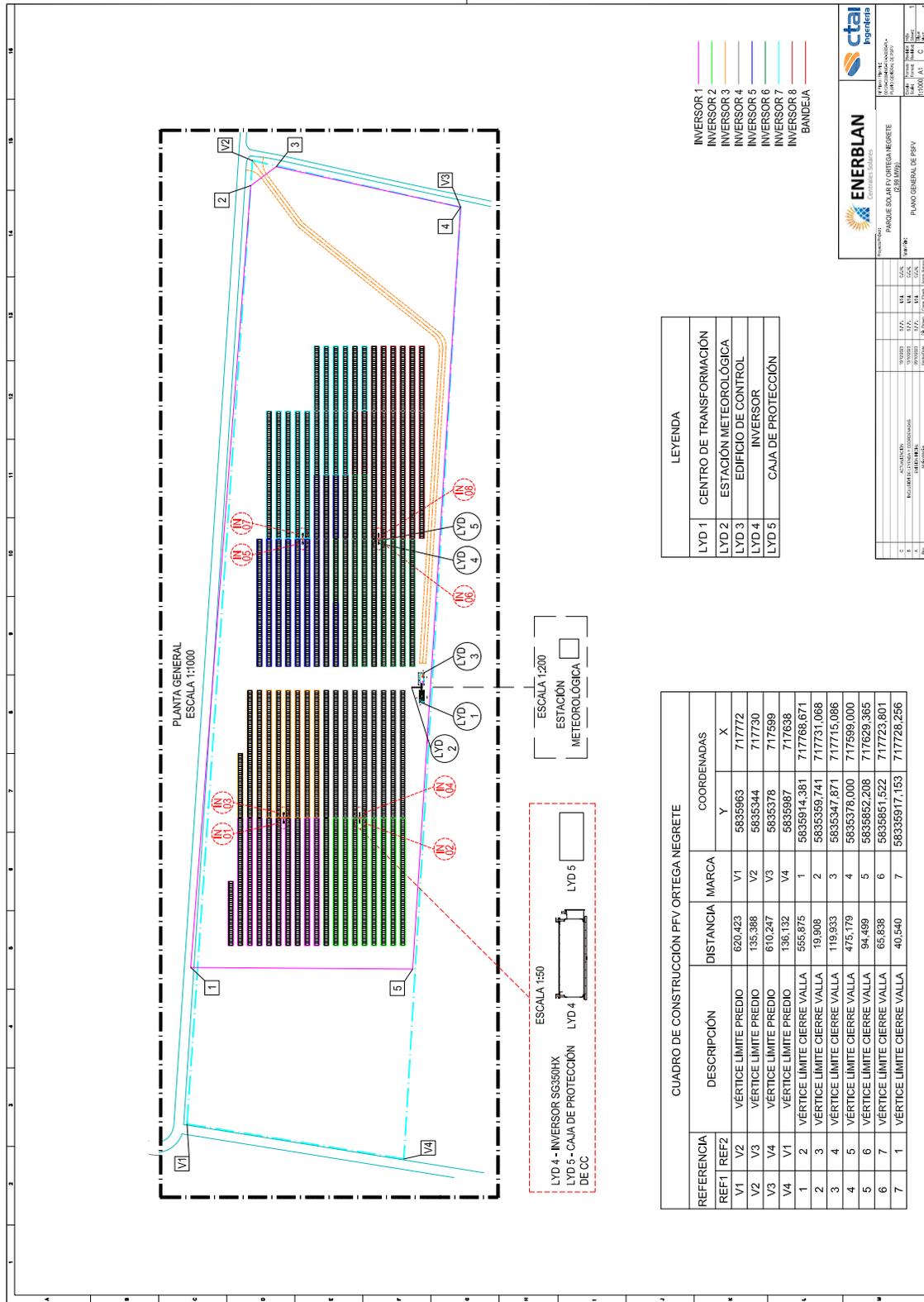


Figura 3-3: Distribución de los paneles – PFV Espiga de Oro [3]



3.2 Paneles fotovoltaicos

El PFV Espiga de Oro (NUP 3561) genera energía utilizando paneles fotovoltaicos marca CanadianSolar, modelo CS7N-660MB-AG. La potencia nominal de los mismos es de 660W. Estos paneles se agrupan en serie en “strings” de 30 unidades, para luego conectarse a los inversores. Cada inversor se encuentra conectado a una cantidad de “strings” que puede ir entre 17 y 20, en el diagrama unifilar de la Figura 3-2 se observa el detalle de cuantos posee conectado cada uno de ellos.

En el ANEXO I se presenta la hoja de datos de los paneles fotovoltaicos. A partir de la información presentada en dicho anexo, se resumen en la Tabla 3-3 los parámetros principales de los mismos.

Tabla 3-3: Parámetros principales – Paneles fotovoltaicos CanadianSolar CS7N-660MB-AG [4]

| Parámetro | Valor | Unidad |
|-----------------------------|-----------------|--------|
| Potencia nominal | 660 | W |
| Tensión nominal de salida | 38,3 | V |
| Corriente nominal de salida | 17,24 | A |
| Tipo de celda | Mono cristalina | - |
| Temperatura de operación | -40 a +85 | °C |

(*) Los parámetros son informados para una irradiancia de 1000 W/m² y para una temperatura de celda de 25°C

3.3 Inversores

Los ocho (8) inversores del PFV Espiga de Oro (NUP 3561) son marca Sungrow y modelo SG350HX. Los mismos cuentan con una potencia nominal de 352 kVA@30°C y una tensión nominal de salida de 800 V. Cada inversor se encuentra conectado a una cantidad de paneles que puede ir desde un mínimo de 510 a un máximo de 600. Estos inversores son los encargados de convertir la corriente continua generada por los paneles en corriente alterna. A continuación, se puede observar un diagrama de bloques simplificado de estos inversores.

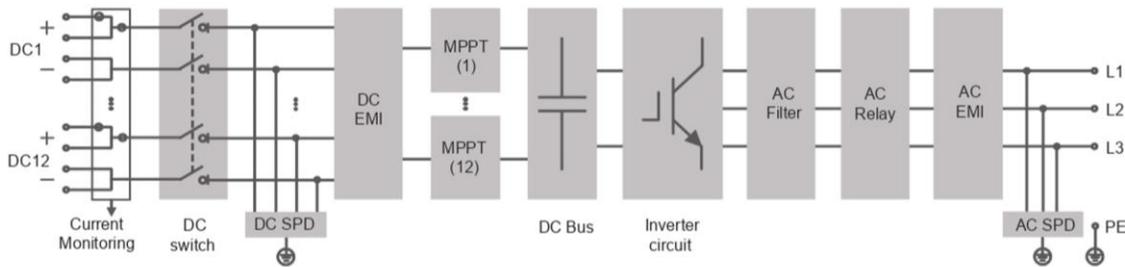


Figura 3-4: Diagrama de bloques simplificado – Inversores Sungrow SG350HX [5]

La hoja de datos de los inversores se presenta en el ANEXO II. A partir de la información presentada en dicho anexo, se resumen en la Tabla 3-4, los parámetros principales de los mismos.

Tabla 3-4: Parámetros principales – Inversores Sungrow SG350HX [5] [6]

| Parámetro | Valor | Unidad |
|---------------------------------|-------------------------|--------|
| Potencia activa nominal @30°C | 329 | kW |
| Potencia aparente nominal @30°C | 352 | kVA |
| Tensión nominal de salida | 800 | V |
| Corriente máxima de salida | 254 | A |
| Tensión nominal de entrada | 1080 | V |
| Factor de potencia | -0,8 (ind) / +0,8 (cap) | - |



| Parámetro | Valor | Unidad |
|-------------------------------------|-------|--------|
| Consumo de inversores en producción | 265 | W |
| Consumo de inversores en stand-by | 6 | W |

A continuación, en la Figura 3-5, se presenta la curva de capacidad de los inversores del PFV Espiga de Oro (NUP 3561). La curva se presenta para una temperatura de 30°C y para múltiples valores de tensión nominal.

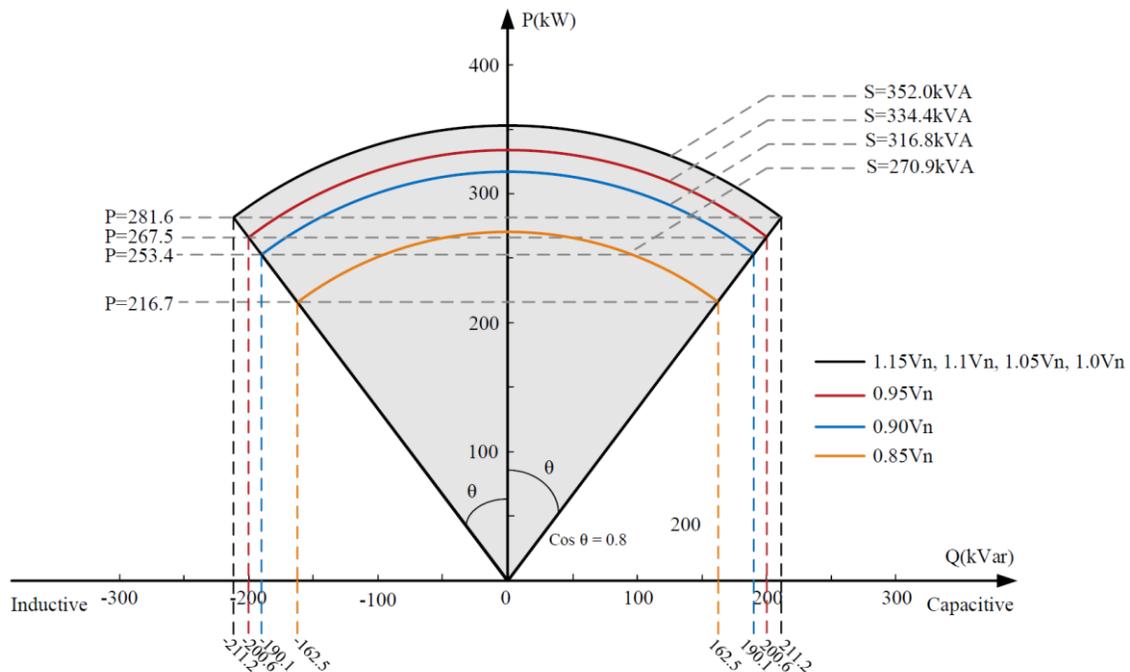


Figura 3-5: Curva de capacidad @30°C – Inversores Sungrow SG350HX [7]

Adicionalmente, en la Figura 3-6, se presenta la curva de eficiencia de los inversores en función de la potencia.

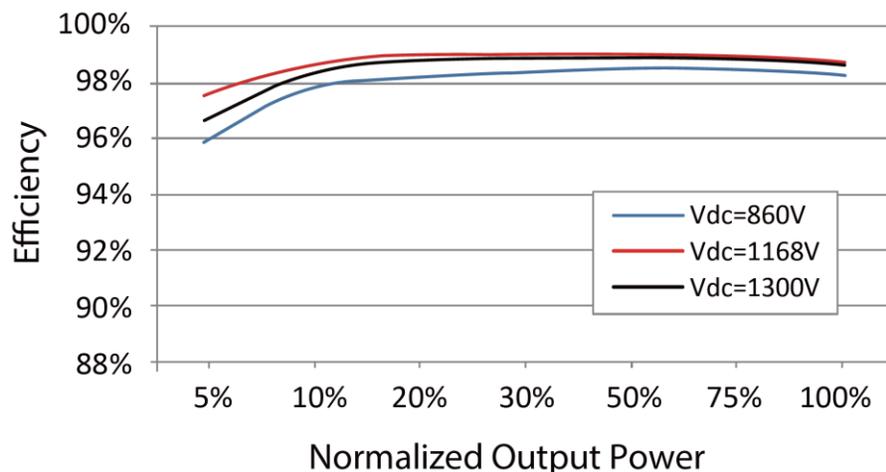
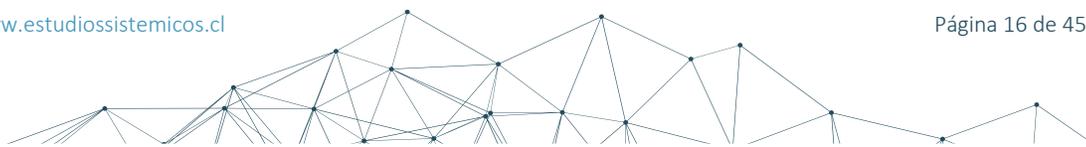


Figura 3-6: Curva de eficiencia – Inversores Sungrow SG350HX [5]





3.4 Transformador principal

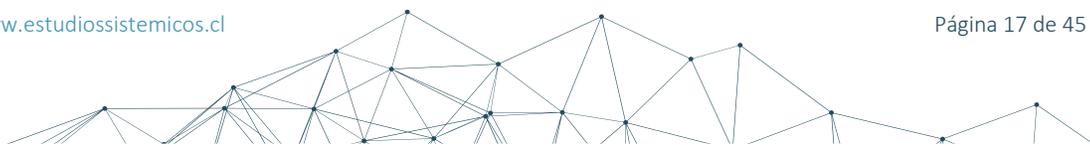
El PFV Espiga de Oro (NUP 3561) inyecta la potencia generada, al SEN, por medio de un transformador de 23/0,8 kV de 3200 kVA de potencia nominal. Este transformador, cuyos arrollamientos tienen una configuración Dy11, dispone de un sistema de cambiador de taps en vacío en el lado de 23 kV.

La hoja de datos del transformador principal se presenta en el ANEXO III. A partir de la información presentada en dicho anexo, se resumen en la Tabla 3-5, los parámetros principales del mismo. Las pérdidas del transformador, junto con la impedancia de secuencia positiva, fueron obtenidas de la foto de placa presentada en la Figura 6-6.

Tabla 3-5: Parámetros principales – Transformador principal [8]

| Parámetro | Valor | Unidad |
|----------------------------------|--------------------|--------|
| Potencia nominal @ 40°C | 3200 | kVA |
| Frecuencia | 50 | Hz |
| Cantidad de devanados | 2 | - |
| Tensión lado de MT | 23 | kV |
| Tensión lado de BT | 0,8 | kV |
| Posiciones de TAP (23 kV) | $\pm 2 \times 2,5$ | % |
| Tipo de cambiador de tap | Vacío | - |
| Impedancia de secuencia positiva | 6,62 | % |
| Impedancia de secuencia cero (1) | 5,627 | % |
| Grupo de conexión | Dy11 | - |
| Pérdidas en vacío | 2,974 | kW |
| Pérdidas en carga | 26,98 | kW |

(1) Se obtiene como el 85% de la impedancia de secuencia positiva





3.5 Transformador de servicios auxiliares (SSAA)

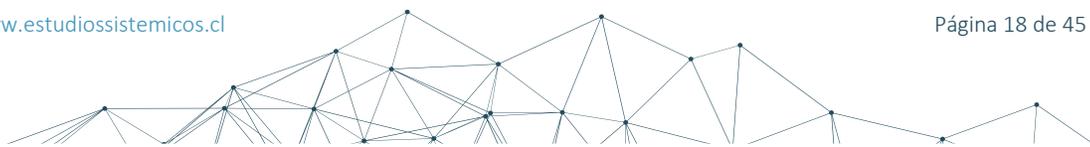
Los servicios auxiliares del PFV Espiga de Oro (NUP 3561) son alimentados por un único transformador de SSAA. El mismo posee una relación de transformación de 0,8/0,4 kV y una potencia nominal de 15 kVA. La conexión del transformador de SSAA del PFV Espiga de Oro puede observarse en la Figura 3-2.

En el ANEXO IV se presenta la hoja de datos del transformador de SSAA. A partir de la información presentada en dicho anexo, se resumen en la Tabla 3-6, los parámetros principales del mismo.

Tabla 3-6: Parámetros principales – Transformador de servicios auxiliares (SSAA) [9]

| Parámetro | Valor | Unidad |
|-----------------------------|-------|--------|
| Potencia nominal (ONAN) | 15 | kVA |
| Frecuencia | 50 | Hz |
| Tensión lado de BT | 0,4 | kV |
| Tensión lado de BT' | 0,8 | kV |
| Impedancia de sec. positiva | 3 | % |
| Impedancia de sec. cero (1) | 2,55 | % |
| Grupo de conexión | Dyn11 | - |
| Pérdidas en vacío | 0,16 | kW |
| Pérdidas en carga | 0,42 | kW |

(1) Se obtiene como el 85% de la impedancia de secuencia positiva





4. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN

4.1 Introducción

En primera instancia se realizó una determinación del consumo de los servicios auxiliares de la planta, los cuales se presentan en la sección 4.2.

Posteriormente, se lleva a cabo el cálculo de los procesos de partida y detención, los cuales se determinaron mediante ensayos realizados inicialmente sobre el INV02 (4.3) y, posteriormente, sobre el parque completo (4.4). Para la realización de los ensayos en el parque completo, el punto de medición seleccionado fue en baja tensión del transformador principal del parque. Este punto fue elegido debido a que era el único disponible para la conexión del equipo de medición descrito en la sección 1.5. Esto se debe a que el equipo compacto de medida, que se encuentra en el POI del parque, está ubicado en un poste en altura y se encuentra precintado junto con la medición de facturación. Cabe destacar que no se tomaron los registros de medición del parque para calcular los parámetros de los procesos de partida y detención, ya que la tasa de muestreo de dichos registros es de 1 minuto, mientras que el equipo utilizado, descrito en la sección 1.5, cuenta con una tasa de muestreo de 1 ms.

4.2 Determinación de consumo de SSAA de la planta

Para determinar el consumo de los servicios auxiliares del PFV Espiga de Oro (NUP 3561), se considera el flujo de potencia en el POI (23 kV), con la totalidad de los inversores que componen el parque operando en “stand-by”. Dicho flujo está compuesto por las pérdidas del transformador de poder en vacío, los consumos de servicios auxiliares propios de la planta y los consumos propios de los inversores en “stand-by”. Para la obtención de este flujo, que permitirá obtener el consumo de SSAA del parque, se realizó el ensayo que se presenta en la Figura 4-1. En este ensayo todos los inversores del PFV Espiga de Oro (NUP 3561) se encontraban operando en “stand-by”.

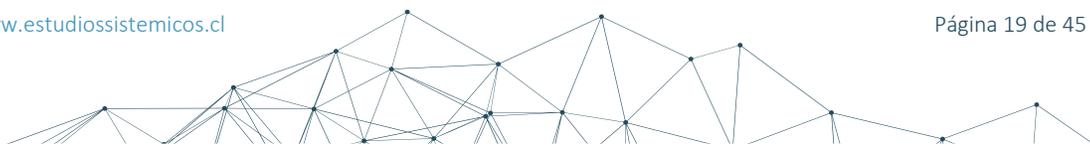
En la Figura 4-1 se gráfica, en color **azul**, la potencia activa neta registrada en el POI (23 kV) del parque. Además, se grafica el promedio de dicha potencia, en línea color **negro** a trazos. El promedio registrado, durante el periodo del ensayo, fue de -4,6 kW. Como se mencionó previamente, este valor representa la suma de las pérdidas del transformador principal en vacío, el consumo de los servicios auxiliares de la planta y el consumo de los inversores en “stand-by”.

En la Tabla 3-5 se observa que las pérdidas del transformador principal, en vacío, corresponden a 2,974 kW. Mientras que el consumo de los inversores en “stand-by” es de 6 W, como se indica en la Tabla 3-4. A partir de dichos valores y del consumo de la planta registrado en el ensayo (-4,6 kW), es posible obtener el consumo de los servicios auxiliares de planta de la siguiente manera:

$$P_{SSAA} = P_{POI,ensayo} - P_{tr,principal-vacio} - P_{perd_{inv.en stand-by}} \times N^{o}inv$$

$$P_{SSAA} = 4,6 kW - 2,974 kW - 0,006 kW \times 8 = 1,578 kW \approx \mathbf{1,6 kW}$$

Por lo cual, es posible afirmar que la **potencia de SSAA es aproximadamente 1,6 kW o 0,0016 MW.**



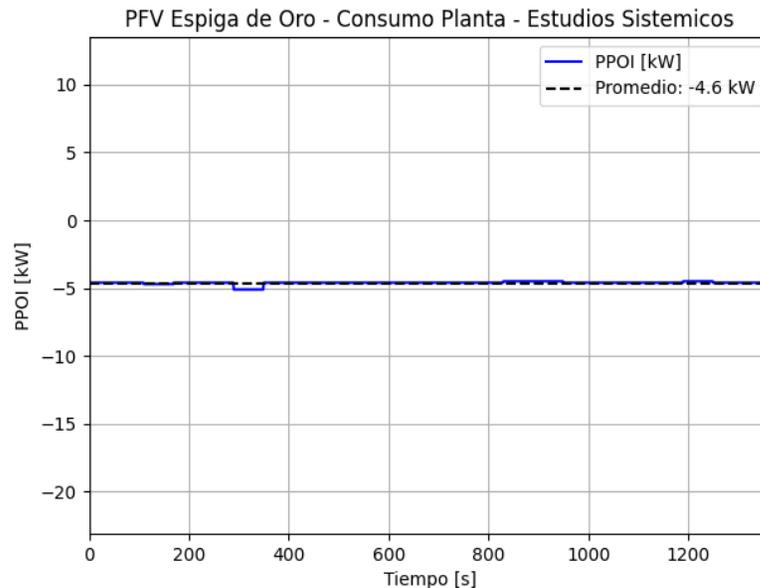


Figura 4-1: Ensayo para determinar consumo SSAA – ningún inversor en servicio – PNETA

4.3 Parámetros de partida y detención a nivel inversor

La prueba de detención y partida se realizó sobre el inversor INV02, el día 28 de noviembre de 2024 entre las 16:12:00 hs y 16:20:50 hs. Durante la prueba ocurrió la siguiente secuencia de eventos:

1. Se despacho el inversor a una potencia de 352 kW, es decir, la **máxima potencia** del inversor. Dicha potencia coincide con los valores informados en [10]. A las **16:12:11,517 hs, 11,517 segundos** luego de comenzar con la prueba, se envió una **orden de detención** al inversor.
2. Posteriormente, a las **16:12:12,502 hs**, el inversor alcanza su valor de **mínimo técnico** de 4,175 kW, valor coincidente con el informado en [11]. Esto ocurre **0,985 segundos** después de que se envió la orden de detención al mismo.
3. A las **16:12:12,509 hs** el inversor se encuentra **detenido**, es decir, alcanza la condición de fuera de servicio. Esto ocurre **0,992 segundos** después de que se envió la orden de detención.
4. A las **16:14:22 hs** se envía una **orden de partida** y se consigna el inversor a potencia liberada, permitiendo así que el mismo alcance la máxima potencia posible en función del recurso.
5. A las **16:14:22,738 hs** el inversor alcanza su valor de **mínimo técnico** [11], es decir, 4,175 kW. Esto ocurre **0,738 segundos** luego de haberse enviado la orden de partida.
6. Finalmente, a las **16:19:59,30 hs**, el inversor alcanza **potencia máxima**, es decir, 352 kW. Esto ocurre **337,3 segundos** luego de que se envió la orden de partida. El valor de potencia máxima alcanzado coincide con el valor informado en [10].

A continuación, en la Figura 4-2, se presenta el registro de potencia activa obtenido durante el ensayo – línea continua de color azul – y los instantes de tiempo de los eventos anteriormente mencionados – líneas a trazos de color negro –.

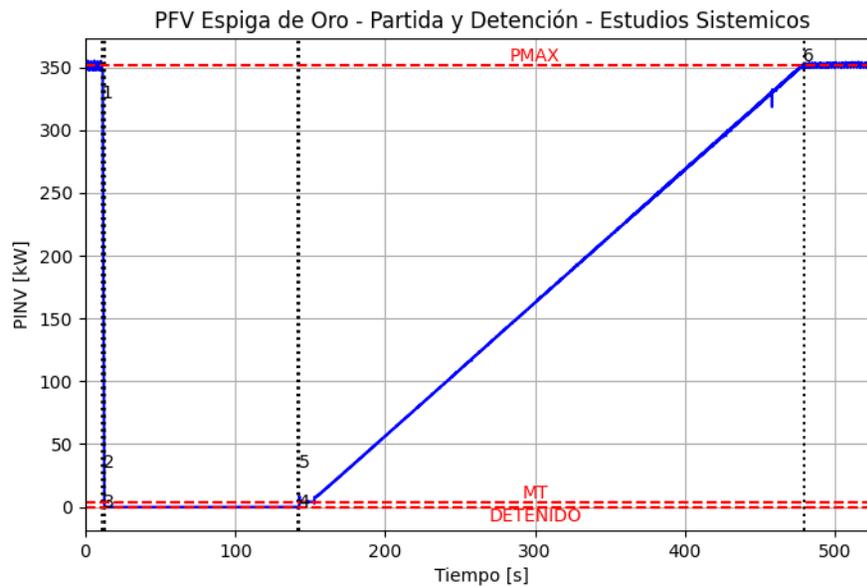


Figura 4-2: Ensayo de detención y partida – Inversor INV02

En los apartados 4.3.1 y 4.3.2 se desglosan los cálculos de los parámetros correspondientes a la detención y partida a nivel inversor. Dichos cálculos se realizan a partir del ensayo presentado en la figura anterior.

4.3.1 Parámetros de detención

Durante el proceso de detención del inversor INV02 ocurrió la secuencia de eventos que se enumera a continuación:

1. Se despacho el inversor a una potencia de 352 kW, es decir, la **máxima potencia** del inversor. Dicha potencia coincide con los valores informados en [10]. A las **16:12:11,517 hs, 11,517 segundos** luego de comenzar con la prueba, se envió una **orden de detención** al inversor.
2. Posteriormente, a las **16:12:12,502 hs**, el inversor alcanza su valor de **mínimo técnico** de 4,175 kW, valor coincidente con el informado en [11]. Esto ocurre **0,985 segundos** después de que se envió la orden de detención al mismo.
3. A las **16:12:12,509 hs** el inversor se encuentra **detenido**, es decir, alcanza la condición de fuera de servicio. Esto ocurre **0,992 segundos** después de que se envió la orden de detención.

La secuencia descrita se puede observar en la Figura 4-3, donde se muestra el registro de potencia activa obtenido durante el ensayo – línea continua de color azul – y los instantes de tiempo en los que ocurren los eventos mencionados previamente – líneas a trazos de color negro –.

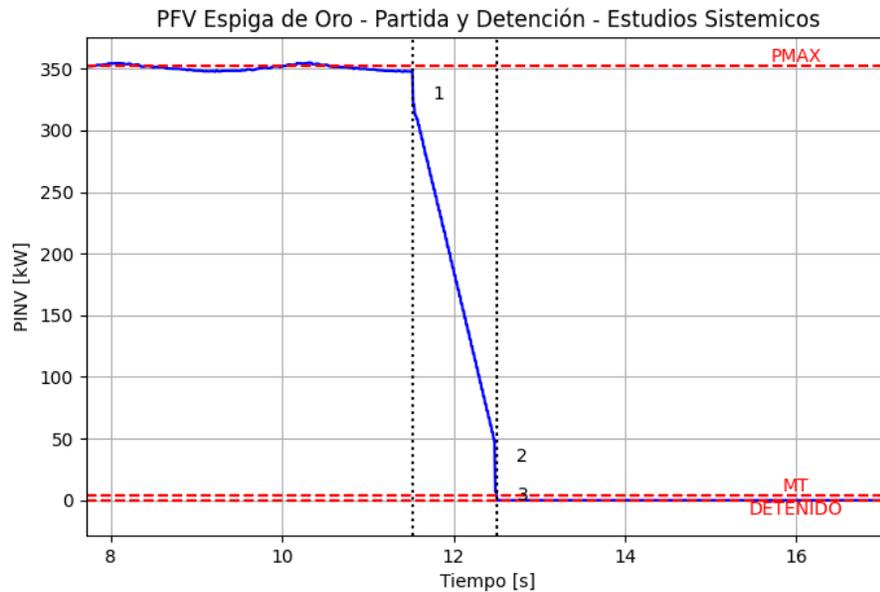


Figura 4-3: Proceso de detención – Inversor INV02

Antes de iniciar una detención del inversor no existe una restricción de tiempo de operación, con lo cual el tiempo mínimo de detención (TMD) es cero (0).

A partir de los resultados del proceso de detención, se calcula el gradiente de bajada de carga del inversor. Para ello se consideran los instantes (1) y (2), es decir, entre potencia máxima y mínimo técnico. A continuación, se presentan las ecuaciones utilizadas:

$$\text{Gradiente}_{\text{bajada.inv}} = \frac{P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}}}{T_{\text{inicial}} - T_{\text{final}}}$$

$$\text{Gradiente}_{\text{bajada.inv}} = \frac{352 \text{ kW} - 4,175 \text{ kW}}{11,517 \text{ s} - 12,502 \text{ s}} = -\frac{347,825 \text{ kW}}{0,985 \text{ s}} = -353,122 \frac{\text{kW}}{\text{s}}$$

Se observa que el gradiente de bajada de carga, medido entre potencia máxima y mínimo técnico, es de $-353,122 \frac{\text{kW}}{\text{s}}$.

El consumo de los inversores en producción y en “stand-by”, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 3-4, es de:

$$P_{\text{perd}_{\text{inv.producción}}} = 0,265 \text{ kW}$$

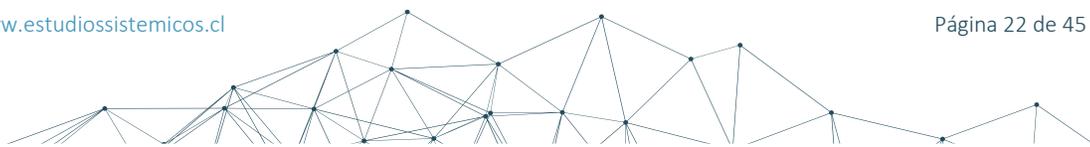
$$P_{\text{perd}_{\text{inv.stand-by}}} = 0,006 \text{ kW}$$

El cálculo del consumo de los servicios auxiliares de planta fue presentado en la sección 4.2 y es de:

$$P_{\text{SSAA}} = 1,6 \text{ kW}$$

Entonces, el consumo de servicios auxiliares total, cuando la potencia del inversor es igual o superior a su mínimo técnico, viene dado por la siguiente expresión:

$$\text{Consumo}_{\text{producción}}^{\text{Detención}} = P_{\text{perd}_{\text{inv.producción}}} + P_{\text{SSAA}} = 0,265 \text{ kW} + 1,6 \text{ kW} = 1,865 \text{ kW}$$





Mientras que el consumo de servicios auxiliares total, cuando la potencia del inversor se encuentra en valores inferiores a su mínimo técnico, viene dado por la siguiente expresión:

$$\text{Consumo}_{\text{stand-by}}^{\text{Detención}} = P_{\text{perd}_{\text{inv. stand-by}}} + P_{\text{SSAA}} = 0,006 \text{ kW} + 1,6 \text{ kW} = 1,606 \text{ kW}$$

La energía consumida puede calcularse a partir del consumo total y del tiempo durante el cual se realizó dicho consumo. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Energía}^{\text{Detención}} = \text{Consumo}^{\text{Detención}} [\text{kW}] \times \text{Tiempo}^{\text{Detención}} [\text{s}] \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}$$

Debido a que las condiciones varían antes y después de alcanzar el valor de mínimo técnico, se calculan las energías consumidas en ambos casos:

$$\text{Energía}_{\text{producción}}^{\text{Detención}} = 1,865 \text{ kW} \times 0,985 \text{ s} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0,0005103 \text{ kWh}$$

$$\text{Energía}_{\text{stand-by}}^{\text{Detención}} = 1,606 \text{ kW} \times 0,007 \text{ s} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0,0000031 \text{ kWh}$$

Por lo que, la energía total consumida por cada inversor en la detención es de:

$$\text{Energía}_{\text{inv}}^{\text{Detención}} = \text{Energía}_{\text{stand-by}}^{\text{Detención}} + \text{Energía}_{\text{producción}}^{\text{Detención}}$$

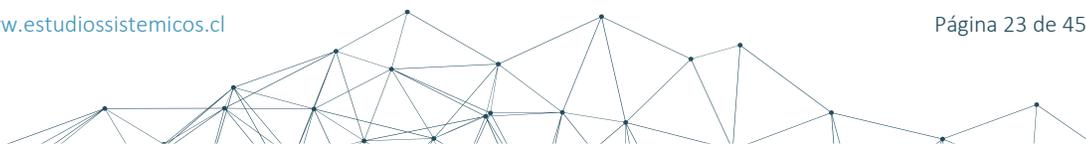
$$\text{Energía}_{\text{inv}}^{\text{Detención}} = 0,0005103 \text{ kWh} + 0,0000031 \text{ kWh}$$

$$\text{Energía}_{\text{inv}}^{\text{Detención}} = \mathbf{0,0005134 \text{ kWh}}$$

A continuación, se presenta la Tabla 4-1, con el resumen de los resultados obtenidos durante el proceso de detención del INV02.

Tabla 4-1: Resultados del proceso de detención – Inversor INV02

| Operación | Hora [hh:mm:ss] | Tiempo acumulado [hh:mm:ss] | Energía consumida [kWh] |
|---|-----------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1. Máxima potencia disponible | 16:12:11,517 | - | - |
| 2. Mínimo técnico | 16:12:12,502 | 00:00:00,985 | 0,0005103 |
| 3. Inversor detenido | 16:12:12,509 | 00:00:00,992 | 0,0000031 |
| Diferencia entre Mínimo Técnico e Inversor Detenido | - | 00:00:00,007 | - |
| Valor total de energía consumida | - | - | 0,0005134 |





4.3.2 Parámetros de partida

Durante el proceso de partida del inversor INV02 ocurrió la secuencia de eventos que se enumera a continuación:

4. A las **16:14:22 hs** se envía una **orden de partida** y se consigna el inversor a potencia liberada, permitiendo así que el mismo alcance la máxima potencia posible en función del recurso.
5. A las **16:14:22,738 hs** el inversor alcanza su valor de **mínimo técnico** [11], es decir, 4,175 kW. Esto ocurre **0,738 segundos** luego de haberse enviado la orden de partida.
6. Finalmente, a las **16:19:59,30 hs**, el inversor alcanza **potencia máxima**, es decir, 352 kW. Esto ocurre **337,3 segundos** luego de que se envió la orden de partida. El valor de potencia máxima alcanzado coincide con el valor informado en [10].

La secuencia descrita se puede observar en la Figura 4-4, donde se muestra el registro de potencia activa obtenido durante el ensayo – línea continua de color azul – y los instantes de tiempo en los que ocurren los eventos mencionados anteriormente – líneas a trazos de color negro –.

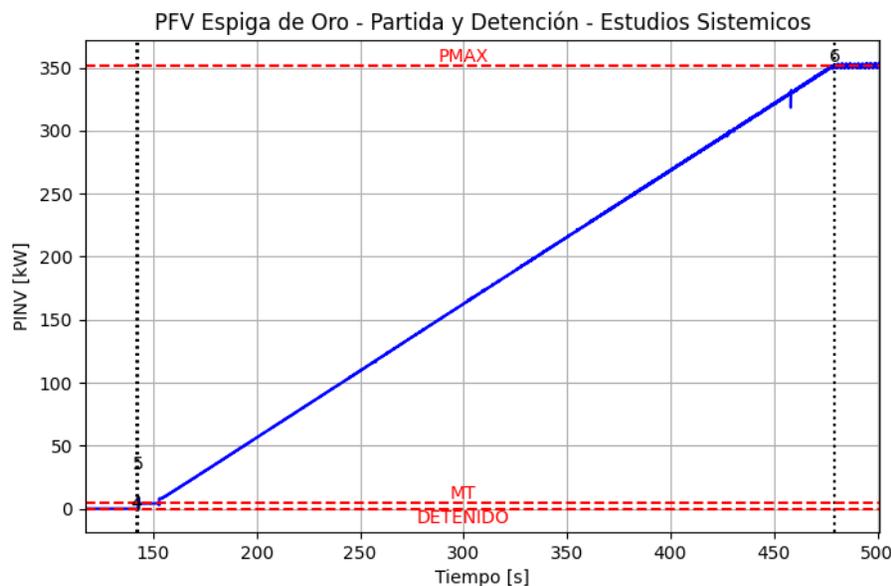


Figura 4-4: Proceso de partida – Inversor INV02

Antes de iniciar un proceso de partida del inversor no existe una restricción de tiempo de operación, con lo cual el tiempo mínimo de operación (TMO) es cero (0).

A partir de los resultados del proceso de partida, se calcula el gradiente de toma de carga del inversor. Para ello se consideran los instantes (5) y (6), es decir, entre el mínimo técnico y la potencia máxima alcanzada. A continuación, se presentan las ecuaciones utilizadas:

$$\text{Gradiente}_{\text{toma.inv}} = \frac{P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}}}{T_{\text{inicial}} - T_{\text{final}}}$$

$$\text{Gradiente}_{\text{toma.inv}} = \frac{4,175 \text{ kW} - 352 \text{ kW}}{142,738 \text{ s} - 480,03 \text{ s}} = \frac{347,825 \text{ kW}}{337,3 \text{ s}} = 1,0312 \frac{\text{kW}}{\text{s}}$$



Se observa que el gradiente de toma de carga, medido entre el mínimo técnico y la potencia máxima alcanzada, es de $1,0312 \frac{kW}{s}$.

El consumo de los inversores en producción y en “stand-by”, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 3-4, es de:

$$P_{perd_{inv.producción}} = 0,265 \text{ kW}$$

$$P_{perd_{inv.stand-by}} = 0,006 \text{ kW}$$

El cálculo del consumo de los servicios auxiliares de planta fue presentado en la sección 4.2 y es de:

$$P_{SSAA} = 1,6 \text{ kW}$$

Entonces, el consumo de servicios auxiliares total, cuando la potencia del inversor es igual o superior a su mínimo técnico, viene dado por la siguiente expresión:

$$Consumo_{producción}^{Partida} = P_{perd_{inv.producción}} + P_{SSAA} = 0,265 \text{ kW} + 1,6 \text{ kW} = 1,865 \text{ kW}$$

Mientras que el consumo de servicios auxiliares total, cuando la potencia del inversor se encuentra en valores inferiores a su mínimo técnico, viene dado por la siguiente expresión:

$$Consumo_{stand-by}^{Partida} = P_{perd_{inv.stand-by}} + P_{SSAA} = 0,006 \text{ kW} + 1,6 \text{ kW} = 1,606 \text{ kW}$$

La energía consumida puede calcularse a partir del consumo total y del tiempo durante el cual se realizó dicho consumo. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$Energía^{Partida} = Consumo^{Partida} [kW] \times Tiempo^{Partida} [s] \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}$$

Debido a que las condiciones varían antes y después de alcanzar el valor de mínimo técnico, se calculan las energías consumidas en ambos casos:

$$Energía_{producción}^{Partida} = 1,865 \text{ kW} \times 336,56 \text{ s} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0,174357 \text{ kWh}$$

$$Energía_{stand-by}^{Partida} = 1,606 \text{ kW} \times 0,738 \text{ s} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0,000329 \text{ kWh}$$

Por lo que, la energía total consumida por cada inversor en la detención es de:

$$Energía_{inv}^{Partida} = Energía_{stand-by}^{Partida} + Energía_{producción}^{Partida}$$

$$Energía_{inv}^{Partida} = 0,000329 \text{ kWh} + 0,174357 \text{ kWh}$$

$$Energía_{inv}^{Partida} = 0,174686 \text{ kWh}$$

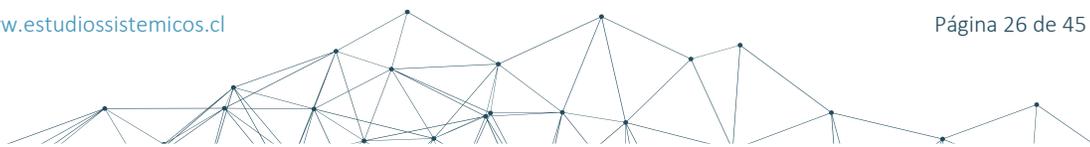




A continuación, se presenta la Tabla 4-2, con el resumen de los resultados obtenidos durante el proceso de partida del inversor INV02.

Tabla 4-2: Resultados del proceso de partida – Inversor INV02

| Operación | Hora [hh:mm:ss] | Tiempo acumulado [hh:mm:ss] | Energía consumida [kWh] |
|--|-----------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1. Inversor detenido | 16:14:22,000 | - | - |
| 2. Mínimo técnico | 16:14:22,738 | 00:00:00,738 | 0,000329 |
| 3. Máxima potencia disponible | 16:19:59,300 | 00:05:37,300 | 0,174357 |
| Diferencia entre inversor en mínimo técnico y potencia máxima disponible | - | 00:05:36,562 | - |
| Valor total de energía consumida | - | - | 0,174686 |





4.4 Parámetros de partida y detención a nivel parque completo

La prueba de detención y partida a nivel parque completo, con todos los inversores en servicio, fue realizada el día 29 de noviembre de 2024 entre las 13:02:27 hs y 13:12:42 hs. Durante la prueba ocurrió la siguiente secuencia de eventos:

1. Despacho del parque a una potencia de 2,73 MW en baja tensión del transformador principal (PBT). Posteriormente, a las **13:03:44,02 hs**, se envió una **orden de detención** al parque. La potencia de despacho del parque se condice con la **potencia máxima** alcanzada en baja tensión en el transformador principal respecto del valor informado en [10].
2. A las **13:03:46,23 hs** el parque alcanza su valor de **mínimo técnico** de 0,031 MW. Esto ocurre **2,21 segundos** luego de haberse enviado la señal de detención. El valor de mínimo técnico fue calculado en el documento [11] y contempla los 8 inversores en servicio.
3. Posteriormente, a las **13:03:46,24 hs**, el parque se **detiene**. Es decir, alcanza la condición con los 8 inversores fuera de servicio.
4. A las **13:05:31,39 hs** se le envía una **orden de partida** al parque y se consigna potencia liberada, a fin de lograr alcanzar la máxima potencia en función del recurso disponible.
5. A las **13:05:32,77 hs** el parque alcanza su valor de **mínimo técnico**, es decir, 0,031 MW. Esto ocurre **1,38 segundos** luego de haberse enviado la orden de partida.
6. Finalmente, a las **13:11:30,4 hs**, el parque alcanza el **máximo valor de potencia activa** en baja tensión del transformador principal respecto del valor informado en [10], es decir, 2,73 MW. Esto ocurre **357,63 segundos** luego de haberse enviado la orden de partida.

A continuación, en la Figura 4-5, donde se observa la potencia activa registrada en el POI durante el ensayo – línea continua color azul – y los instantes de tiempo de los eventos mencionados anteriormente – líneas a trazos color negro –.

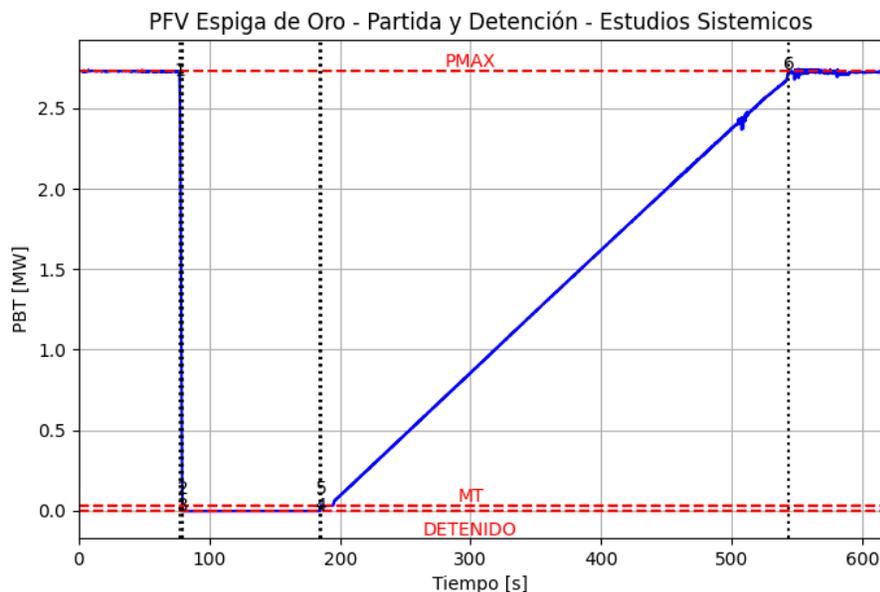


Figura 4-5: Ensayo de detención y partida – PFV Espiga de Oro

En los apartados 4.4.1 y 4.4.2 se desglosan los cálculos, a nivel parque completo, de los parámetros correspondientes a la detención y partida, respectivamente.



4.4.1 Parámetros de detención

Durante el proceso de detención del PFV Espiga de Oro, con todos sus inversores en servicio, ocurrió la secuencia de eventos que se enumera a continuación:

1. Despacho del parque a una potencia de 2,73 MW en baja tensión del transformador principal (PBT). Posteriormente, a las **13:03:44,02 hs**, se envió una **orden de detención** al parque. La potencia de despacho del parque se condice con la **potencia máxima** alcanzada en baja tensión en el transformador principal respecto del valor informado en [10].
2. A las **13:03:46,23 hs** el parque alcanza su valor de **mínimo técnico** de 0,031 MW. Esto ocurre **2,21 segundos** luego de haberse enviado la señal de detención. El valor de mínimo técnico fue calculado en el documento [11] y contempla los 8 inversores en servicio.
3. Posteriormente, a las **13:03:46,24 hs**, el parque se **detiene**. Es decir, alcanza la condición con los 8 inversores fuera de servicio.

La secuencia descrita se puede observar en la Figura 4-6 donde se muestra el registro de potencia activa obtenido durante el ensayo – línea continua color azul – y los instantes de tiempo en los que ocurren los eventos anteriormente mencionados – líneas a trazos color negro –.

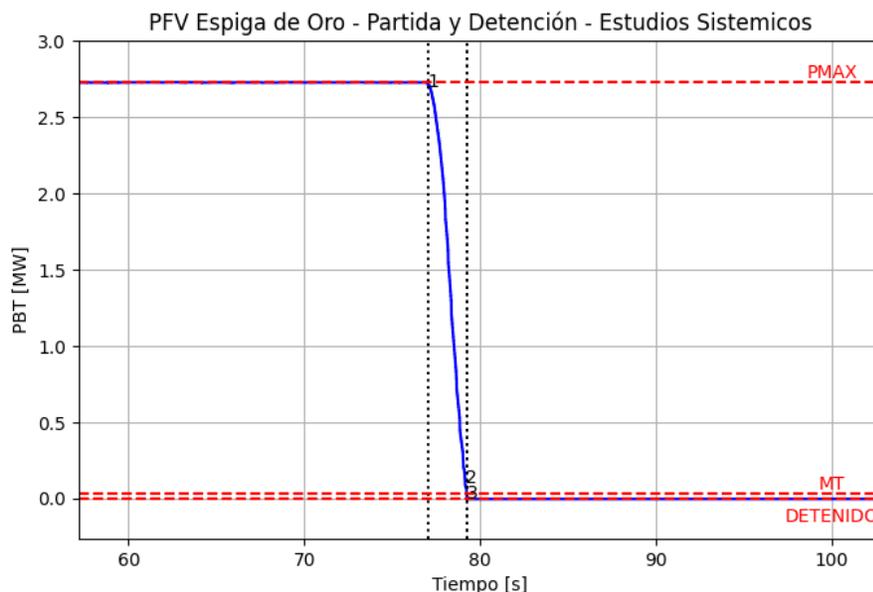
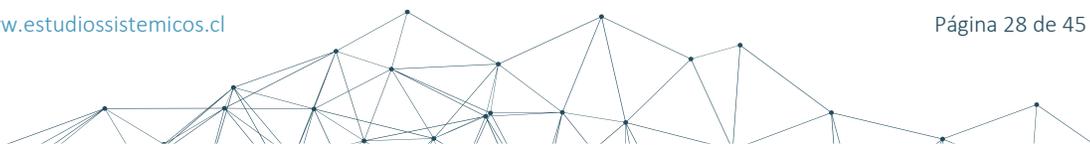


Figura 4-6: Proceso de detención – PFV Espiga de Oro

Antes de iniciar una detención del parque no existe una restricción de tiempo de operación, con lo cual el tiempo mínimo de detención (TMD) es cero (0).

El gradiente de bajada de carga, para el parque completo, es medido sobre la variación de potencia activa desde el instante (1) hasta el (2), es decir, desde potencia máxima hasta alcanzar el valor de mínimo técnico. A continuación, se presentan las ecuaciones utilizadas para el cálculo:

$$\text{Gradiente}_{\text{bajada.parque}} = \frac{P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}}}{T_{\text{inicial}} - T_{\text{final}}}$$
$$\text{Gradiente}_{\text{bajada.parque}} = \frac{2,73 \text{ MW} - 0,031 \text{ MW}}{77,02 \text{ s} - 79,23 \text{ s}} = -\frac{2,699 \text{ MW}}{2,21 \text{ s}} = -1,2213 \frac{\text{MW}}{\text{s}}$$





Entonces, durante la detención del parque, se observa que el gradiente de bajada de carga es de $-1,2213 \frac{MW}{s}$.

El consumo de los inversores en producción y en “stand-by”, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 3-4, es de:

$$P_{perd_{inv.producción}} = 0,265 \text{ kW}$$

$$P_{perd_{inv.stand-by}} = 0,006 \text{ kW}$$

Entonces, cuando los ocho (8) inversores del parque se encuentran despachados por encima de su mínimo técnico, el consumo total de los inversores es de:

$$P_{perd_{inv-parque.producción}} = N^{\circ}inv \times P_{perd_{inv.producción}} = 8 \times 0,265 \text{ kW}$$

$$P_{perd_{inv-parque.producción}} = 2,12 \text{ kW}$$

Por otro lado, una vez que el inversor se encuentra por debajo del mínimo técnico, presenta un consumo propio de 0,006 kW. Es decir que, cuando los ocho (8) inversores del parque se encuentran por debajo del mínimo técnico, el consumo total de los inversores es de:

$$P_{perd_{inv-parque.stand-by}} = N^{\circ}inv \times P_{perd_{inv.stand-by}} = 8 \times 0,006 \text{ kW}$$

$$P_{perd_{inv-parque.stand-by}} = 0,048 \text{ kW}$$

El cálculo del consumo de los servicios auxiliares de planta fue presentado en la sección 4.2 y es de:

$$P_{SSAA} = 1,6 \text{ kW}$$

Entonces el consumo total viene dado por la siguiente expresión:

$$Consumo_{producción}^{Detención} = P_{perd_{inv-parque.producción}} + P_{SSAA} = 2,12 \text{ kW} + 1,6 \text{ kW}$$

$$Consumo_{producción}^{Detención} = 3,72 \text{ kW}$$

$$Consumo_{stand-by}^{Detención} = P_{perd_{inv-parque.stand-by}} + P_{SSAA} = 0,048 \text{ kW} + 1,6 \text{ kW}$$

$$Consumo_{stand-by}^{Detención} = 1,648 \text{ kW}$$

La energía consumida, puede calcularse a partir del consumo total y del tiempo durante el cual se realizó dicho consumo. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$Energía^{Detención} = Consumo^{Detención} [kW] \times Tiempo^{Detención} [s] \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}$$

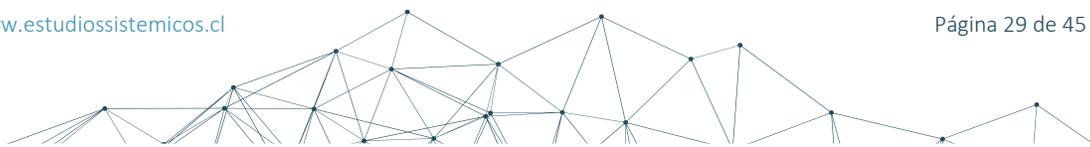
La energía consumida hasta que el parque alcanza su mínimo técnico, partiendo de potencia máxima, es de:

$$Energía^{producción a MT} = 3,72 \text{ kW} \times 2,21 \text{ s} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0,002284 \text{ kWh}$$

Por otro lado, la energía consumida hasta que el parque se detiene, partiendo de su mínimo técnico, es de:

$$Energía^{MT a detención} = 1,648 \text{ kW} \times 0,01 \text{ s} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0,000005 \text{ kWh}$$

La energía total consumida, por el parque completo, durante el proceso de detención, resulta de:





$$Energía^{Detención} = Energía^{producción a MT} + Energía^{MT a detención}$$

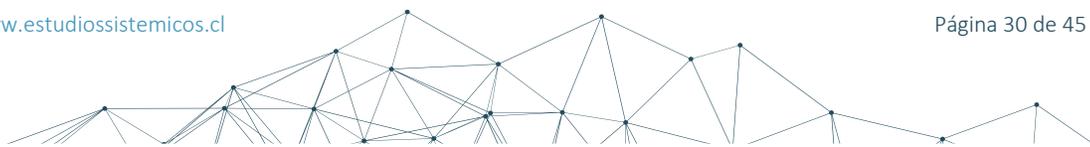
$$Energía^{Detención} = 0,002284 kWh + 0,000005 kWh$$

$$Energía^{Detención} = 0,002289 kWh$$

A continuación, se presenta la Tabla 4-3, con el resumen de los resultados obtenidos durante el proceso de detención del PFV Espiga de Oro.

Tabla 4-3: Resultados del proceso de detención – PFV Espiga de Oro

| Operación | Hora [hh:mm:ss] | Tiempo acumulado [hh:mm:ss] | Energía consumida [kWh] |
|---|-----------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1. Máxima potencia disponible | 13:03:44,02 | - | - |
| 2. Mínimo técnico | 13:03:46,23 | 00:00:02,21 | 0,002284 |
| 3. Detención de todos los inversores | 13:03:46,24 | 00:00:02,22 | 0,000005 |
| Diferencia entre mínimo técnico y totalidad de inversores detenidos | - | 00:00:00,01 | - |
| Valor total de energía consumida | - | - | 0,002289 |





4.4.2 Parámetros de partida

Durante el proceso de partida del PFV Espiga de Oro, con todos sus inversores en servicio, ocurrió la secuencia de eventos que se enumera a continuación:

4. A las **13:05:31,39 hs** se le envía una **orden de partida** al parque y se consigna potencia liberada, a fin de lograr alcanzar la máxima potencia en función del recurso disponible.
5. A las **13:05:32,77 hs** el parque alcanza su valor de **mínimo técnico**, es decir, 0,031 MW. Esto ocurre **1,38 segundos** luego de haberse enviado la orden de partida.
6. Finalmente, a las **13:11:30,4 hs**, el parque alcanza el **máximo valor de potencia activa** en baja tensión del transformador principal respecto del valor informado en [10], es decir, 2,73 MW. Esto ocurre **357,63 segundos** luego de haberse enviado la orden de partida.

La secuencia descrita se puede observar en la Figura 4-7, donde se muestra el registro de potencia activa obtenido durante el ensayo – línea continua color azul – y los instantes de tiempo de los eventos mencionados anteriormente – líneas a trazos color negro –.

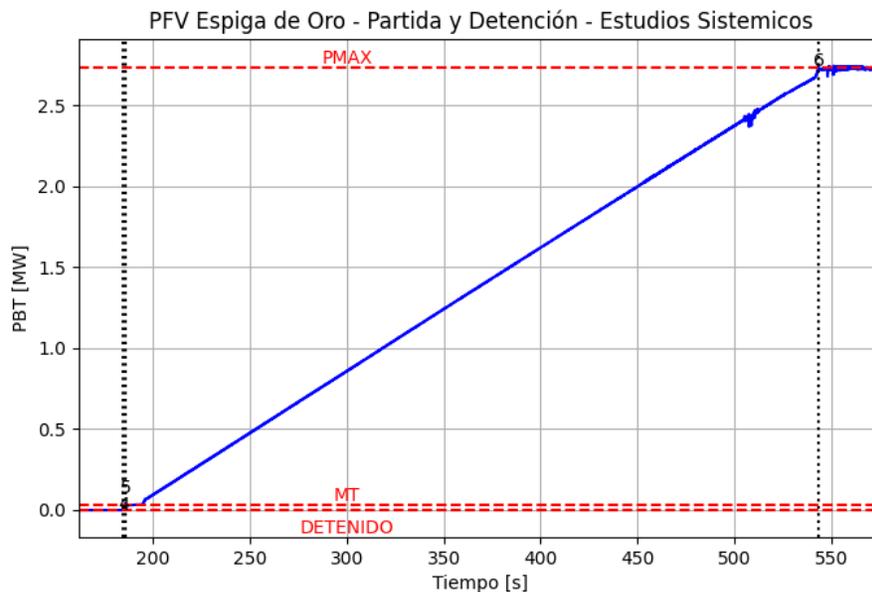


Figura 4-7: Proceso de partida – PFV Espiga de Oro

Antes de iniciar un proceso de arranque del parque no existe una restricción de tiempo de operación, con lo cual el tiempo mínimo de operación (TMO) es cero (0).

El gradiente de toma de carga, para el parque completo, es medido sobre la variación de potencia activa desde el instante (5) hasta el (6). Es decir, desde mínimo técnico hasta alcanzar el valor de potencia máxima. A continuación, se presentan las ecuaciones utilizadas para el cálculo:

$$\text{Gradiente}_{\text{toma.parque}} = \frac{P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}}}{T_{\text{inicial}} - T_{\text{final}}}$$
$$\text{Gradiente}_{\text{toma.parque}} = \frac{0,031 \text{ MW} - 2,73 \text{ MW}}{185,77 \text{ s} - 543,4 \text{ s}} = \frac{2,699 \text{ MW}}{357,63 \text{ s}} = 0,007547 \frac{\text{MW}}{\text{s}}$$



Entonces, durante la partida del parque, se observa que el gradiente de toma de carga es de $0,007547 \frac{MW}{s}$.

El consumo de los inversores en producción y en “stand-by”, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 3-4, es de:

$$P_{perd_{inv.producción}} = 0,265 \text{ kW}$$

$$P_{perd_{inv.stand-by}} = 0,006 \text{ kW}$$

Entonces, cuando los ocho (8) inversores del parque se encuentran despachados por encima de su mínimo técnico, el consumo total de los inversores es de:

$$P_{perd_{inv-parque.producción}} = N^{\circ}inv \times P_{perd_{inv.producción}} = 8 \times 0,265 \text{ kW}$$

$$P_{perd_{inv-parque.producción}} = 2,12 \text{ kW}$$

Por otro lado, una vez que el inversor se encuentra por debajo del mínimo técnico, presenta un consumo propio de 0,006 kW. Es decir que, cuando los ocho (8) inversores del parque se encuentran por debajo del mínimo técnico, el consumo total de los inversores es de:

$$P_{perd_{inv-parque.stand-by}} = N^{\circ}inv \times P_{perd_{inv.stand-by}} = 8 \times 0,006 \text{ kW}$$

$$P_{perd_{inv-parque.stand-by}} = 0,048 \text{ kW}$$

El cálculo del consumo de los servicios auxiliares de planta fue presentado en la sección 4.2 y es de:

$$P_{SSAA} = 1,6 \text{ kW}$$

Entonces el consumo total viene dado por la siguiente expresión:

$$Consumo_{producción}^{Partida} = P_{perd_{inv-parque.producción}} + P_{SSAA} = 2,12 \text{ kW} + 1,6 \text{ kW}$$

$$Consumo_{producción}^{Partida} = 3,72 \text{ kW}$$

$$Consumo_{stand-by}^{Partida} = P_{perd_{inv-parque.stand-by}} + P_{SSAA} = 0,048 \text{ kW} + 1,6 \text{ kW}$$

$$Consumo_{stand-by}^{Partida} = 1,648 \text{ kW}$$

La energía consumida, puede calcularse a partir del consumo total y del tiempo durante el cual se realizó dicho consumo. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$Energía^{Partida} = Consumo^{Partida} [kW] \times Tiempo^{Partida} [s] \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}$$

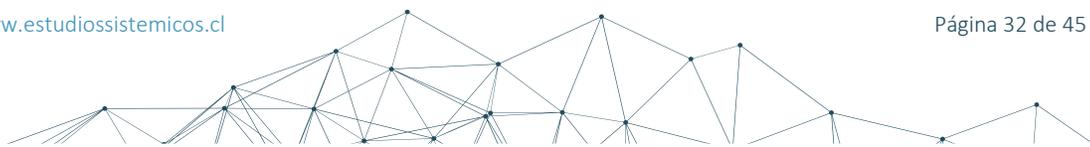
La energía consumida hasta que el parque alcanza su mínimo técnico, partiendo desde el estado de detención, es de:

$$Energía^{detención a MT} = 1,648 \text{ kW} \times 1,38 \text{ s} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0,000632 \text{ kWh}$$

Por otro lado, la energía consumida hasta que el parque alcanza potencia máxima, partiendo de su mínimo técnico, es de:

$$Energía^{MT a producción} = 3,72 \text{ kW} \times 357,63 \text{ s} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0,369551 \text{ kWh}$$

La energía total consumida, por el parque completo, durante el proceso de partida, resulta de:





$$Energía^{Partida} = Energía^{detención a MT} + Energía^{MT a producción}$$

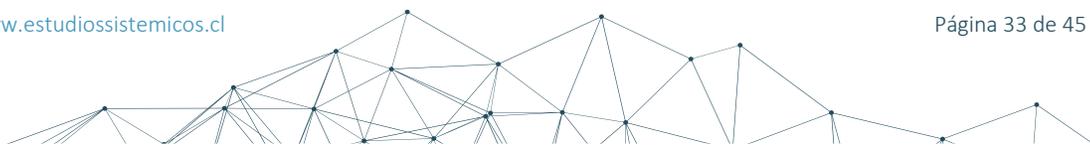
$$Energía^{Partida} = 0,000632 kWh + 0,369551 kWh$$

$$Energía^{Detención} = 0,370183 kWh$$

A continuación, se presenta la Tabla 4-4, con el resumen de los resultados obtenidos durante el proceso de partida del PFV Espiga de Oro.

Tabla 4-4: Resultados del proceso de partida – PFV Espiga de Oro

| Operación | Hora [hh:mm:ss] | Tiempo acumulado [hh:mm:ss] | Energía consumida [kWh] |
|---|-----------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1. Totalidad de inversores detenidos | 13:05:31,39 | - | - |
| 2. Mínimo técnico | 13:05:32,77 | 00:00:01,38 | 0,000632 |
| 3. Máxima potencia disponible | 13:11:30,40 | 00:05:59,01 | 0,369551 |
| Diferencia entre totalidad de inversores en mínimo técnico y potencia máxima disponible | - | 00:05:57,63 | - |
| Valor total de energía consumida | - | - | 0,370183 |





4.5 Resumen de resultados

En la presente sección se resumen los resultados del proceso de partida y detención a nivel inversor y parque completo. No se distingue una diferencia entre la condición **Fuera de Servicio** y el **Estado Apagado**, por lo tanto, no aplica la medición de tiempos ni el cálculo de energía eléctrica durante los hitos I) y VI). A su vez, los tiempos mínimos de detención (**TMD**) y tiempos mínimos de operación (**TMO**) descriptos en la sección 1.1 son nulos.

Las Tabla 4-5 y Tabla 4-6 presentan el resumen de los resultados de partida y detención a nivel inversor, respectivamente. Siendo el ensayo realizado sobre el INV02. Mientras que la Tabla 4-7 y Tabla 4-8 presentan el resumen de resultados a nivel del PFV Espiga de Oro.

Tabla 4-5: Resumen de resultados del proceso de partida – Inversor INV02

| | | Aspecto normativo | | |
|-------------|---------------------------------------|--|---|---|
| Maniobra | Parámetro técnico | (I) Desde el inicio del proceso de partida hasta la sincronización | (II) Desde la sincronización hasta alcanzar la operación a Mínimo Técnico | (III) Desde la operación a Mínimo Técnico hasta la operación a potencia nominal |
| Partida INV | (A) Cantidad y tipo de combustible | N/A | N/A | N/A |
| | (B) Energía eléctrica consumida [kWh] | N/A | 0,000329 | 0,174357 |
| | (C) Tiempo requerido [mm:ss] | N/A | 00:00,738 | 05:36,562 |

Tabla 4-6: Resumen de resultados del proceso de detención – Inversor INV02

| | | Aspecto normativo | | |
|---------------|---------------------------------------|--|--|--|
| Maniobra | Parámetro técnico | (IV) Desde la operación a potencia nominal hasta el Mínimo Técnico | (V) Desde el Mínimo Técnico de la unidad hasta el término del proceso de detención | (G) Tiempo mínimo de operación antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida |
| Detención INV | (D) Cantidad y tipo de combustible | N/A | N/A | N/A |
| | (E) Energía eléctrica consumida [kWh] | 0,0005103 | 0,0000031 | N/A |
| | (F) Tiempo requerido [mm:ss] | 00:00,985 | 00:00,007 | N/A |



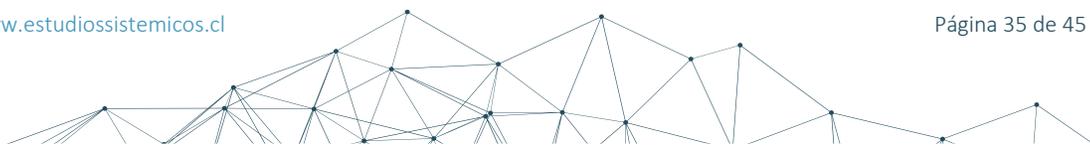


Tabla 4-7: Resumen de resultados del proceso de partida – PFV Espiga de Oro

| Maniobra | Parámetro técnico | Aspecto normativo | | |
|----------------|---------------------------------------|--|---|---|
| | | (I) Desde el inicio del proceso de partida hasta la sincronización | (II) Desde la sincronización hasta alcanzar la operación a Mínimo Técnico | (III) Desde la operación a Mínimo Técnico hasta la operación a potencia nominal |
| Partida parque | (A) Cantidad y tipo de combustible | N/A | N/A | N/A |
| | (B) Energía eléctrica consumida [kWh] | N/A | 0,000632 | 0,369551 |
| | (C) Tiempo requerido [mm:ss] | N/A | 00:01,38 | 05:57,63 |

Tabla 4-8: Resumen de resultados del proceso de detención – PFV Espiga de Oro

| Maniobra | Parámetro técnico | Aspecto normativo | | |
|------------------|---------------------------------------|--|--|--|
| | | (IV) Desde la operación a potencia nominal hasta el Mínimo Técnico | (V) Desde el Mínimo Técnico de la unidad hasta el término del proceso de detención | (G) Tiempo mínimo de operación antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida |
| Detención parque | (D) Cantidad y tipo de combustible | N/A | N/A | N/A |
| | (E) Energía eléctrica consumida [kWh] | 0,002284 | 0,000005 | N/A |
| | (F) Tiempo requerido [mm:ss] | 00:02,21 | 00:00,01 | N/A |





5. CONCLUSIONES

A partir de los ensayos realizados en terreno y la información presentada en este documento se puede concluir que:

- Se determinaron mediante ensayos los principales tiempos involucrados en el proceso de partida y detención del PFV Espiga de Oro, de acuerdo con lo establecido en el “Anexo Técnico Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras” [1].
- Los tiempos de partida y detención, tanto a nivel inversor como planta completa, se encuentran en los rangos de valores esperados para la generación fotovoltaica.
- La tasa de toma de carga a nivel inversor resulta de $1,0312 \frac{kW}{s}$, mientras que la de bajada de carga resulta de $-0,3531 \frac{MW}{s}$.
- La tasa de toma de carga a nivel parque resulta de $0,0076 \frac{MW}{s}$, mientras que la bajada de carga resulta de $-1,2213 \frac{MW}{s}$.
- La cantidad y el tipo de combustible consumido no aplican para este tipo de tecnología.
- Los tiempos mínimos de operación (TMO) y tiempos mínimos de detención (TMD) son nulos.

Las Tabla 5-1 y Tabla 5-2 resumen los procesos de partida y detención respectivamente, presentándose los resultados de las pruebas obtenidas a nivel inversor individual y parque completo.

Tabla 5-1: Resumen de resultados proceso de partida

| Etapa | Parámetro | Inversor | Parque |
|------------------|--------------------|-----------|----------|
| Partida ↓ | Consumo SSAA [kWh] | N/A | N/A |
| Sincronización | Tiempo [mm:ss] | N/A | N/A |
| Sincronización ↓ | Consumo SSAA [kWh] | 0,000329 | 0,000632 |
| Mínimo Técnico | Tiempo [mm:ss] | 00:00,738 | 00:01,38 |
| Mínimo Técnico ↓ | Consumo SSAA [kWh] | 0,174357 | 0,369551 |
| Potencia Nominal | Tiempo [mm:ss] | 05:36,562 | 05:57,63 |

Tabla 5-2: Resumen de resultados proceso de detención

| Etapa | Parámetro | Inversor | Parque |
|--------------------|--------------------|-----------|----------|
| Potencia Nominal ↓ | Consumo SSAA [kWh] | 0,0005103 | 0,002284 |
| Mínimo Técnico | Tiempo [mm:ss] | 00:00,985 | 00:02,21 |
| Mínimo Técnico ↓ | Consumo SSAA [kWh] | 0,0000031 | 0,000005 |
| Desconexión | Tiempo [mm:ss] | 00:00,007 | 00:00,01 |
| Desconexión ↓ | Consumo SSAA [kWh] | N/A | N/A |
| Detención | Tiempo [mm:ss] | N/A | N/A |





6. ANEXOS

ANEXO I - HOJA DE DATOS DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS

En la Figura 6-1 se presenta la hoja de datos de los paneles fotovoltaicos CanadianSolar, modelo CS7N-660MB-AG, utilizados en el PFV Espiga de Oro. En la Figura 6-1, se indican en rojo los parámetros correspondientes al modelo CS7N-660MB-AG.

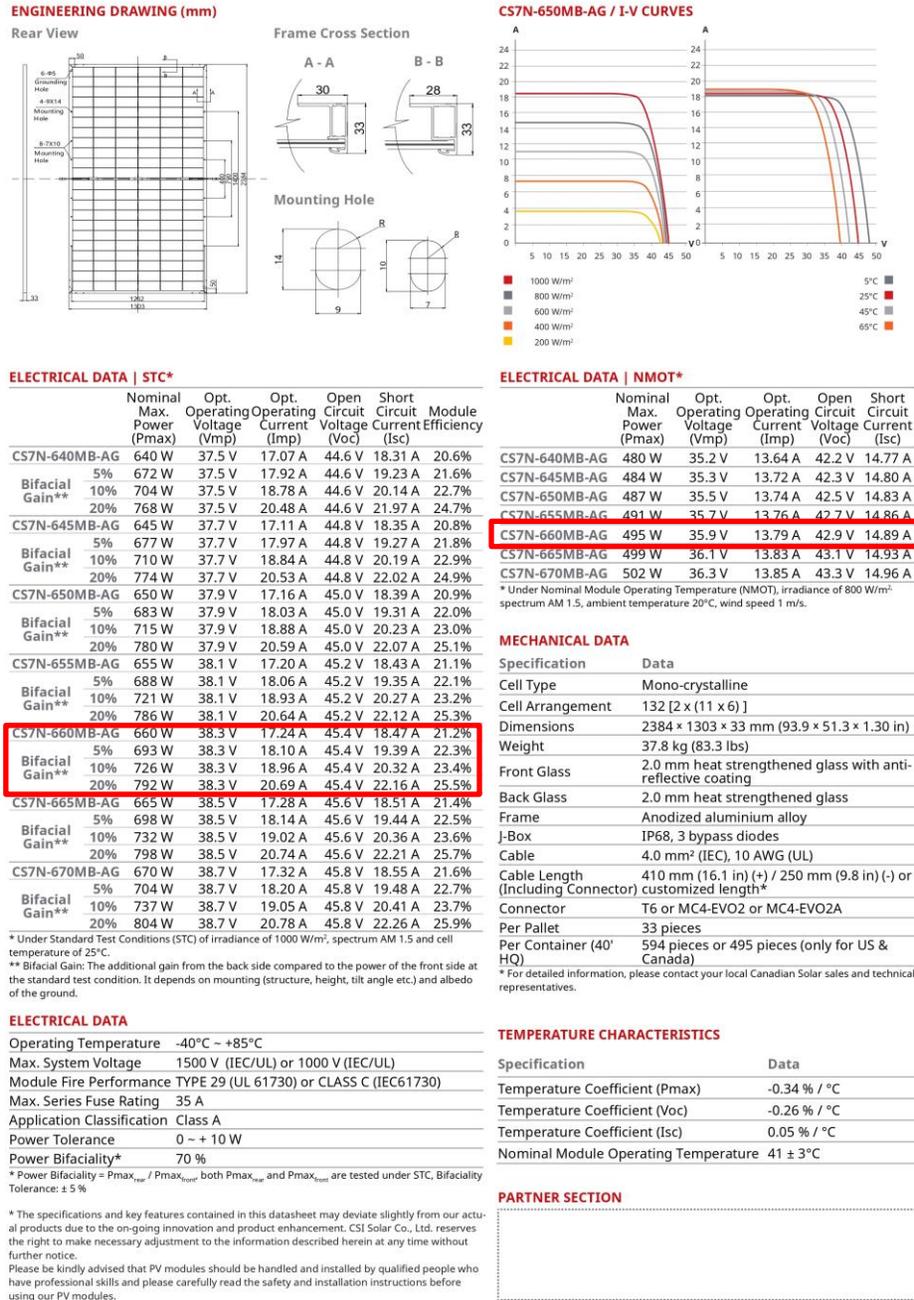


Figura 6-1: Hoja de datos – Paneles fotovoltaicos CanadianSolar CS7N-660MB-AG [4]



ANEXO II - HOJA DE DATOS DE LOS INVERSORES

En este anexo, en la Figura 6-2, se presenta la hoja de datos de los inversores Sungrow SG350HX utilizados en el PFV Espiga de Oro. En la misma se indican, en **rojo**, los parámetros principales de los mismos. A su vez, en la Figura 6-3 se presenta el consumo de los mismos.

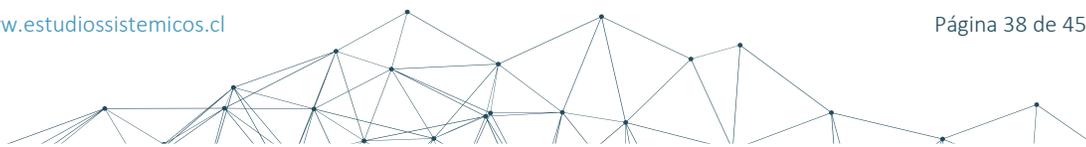


| Type designation | SG350HX |
|---|--|
| Input (DC) | |
| Max. PV input voltage | 1500 V |
| Min. PV input voltage / Startup input voltage | 500 V / 550 V |
| Nominal PV input voltage | 1080 V |
| MPP voltage range | 500 V – 1500 V |
| No. of independent MPP inputs | 12 (Optional: 14 / 16) |
| Max. number of input connector per MPPT | 2 |
| Max. PV input current | 12 * 40 A (Optional: 14 * 30 A / 16 * 30 A) |
| Max. DC short-circuit current per MPPT | 60 A |
| Output (AC) | |
| AC output power | 352 kVA @ 30°C / 320 kVA @ 40°C / 295 kVA @ 50°C |
| Max. AC output current | 254 A |
| Nominal AC voltage | 3 / PE, 800 V |
| AC voltage range | 640 – 920 V |
| Nominal grid frequency / Grid frequency range | 50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz |
| THD | < 3 % (at nominal power) |
| DC current injection | < 0.5 % I _n |
| Power factor at nominal power / Adjustable power factor | > 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging |
| Feed-in phases / Connection phases | 3 / 3 |
| Efficiency | |
| Max. efficiency / European efficiency | 99.02 % / 98.8 % |
| Protection | |
| DC reverse connection protection | Yes |
| AC short circuit protection | Yes |
| Leakage current protection | Yes |
| Grid monitoring | Yes |
| Ground fault monitoring | Yes |
| DC switch / AC switch | Yes / No |
| PV string current monitoring | Yes |
| Q at night function | Yes |
| Anti-PID and PID recovery function | Optional |
| Surge protection | DC Type II / AC Type II |
| General Data | |
| Dimensions (W*H*D) | 1136 * 870 * 361 mm |
| Weight * | ≤ 116 kg |
| Isolation method | Transformerless |
| Degree of protection | IP66 |
| Power consumption at night | < 6 W |
| Operating ambient temperature range | -30 to 60°C |
| Allowable relative humidity range | 0 – 100 % |
| Cooling method | Smart forced air cooling |
| Max. operating altitude | 4000 m (> 3000 m derating) |
| Display | LED, Bluetooth+APP |
| Communication | RS485 / PLC |
| DC connection type | MC4-Evo2 (Max. 6 mm ² , optional 10mm ²) |
| AC connection type | Support OT/DT terminal (Max. 400 mm ²) |
| Compliance | IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, EN 50549-1/2, UNE 206007-1:2013, P.O.12.3, UTE C15-712-1:2013 |
| Grid Support | Q at night function, LVRT, HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control, Q-U control, P-f control |

* Due to the multi-supplier for some key components, the actual weight may have a ±10% deviation, please refer to the actually delivered product.



Figura 6-2: Hoja de datos – Inversores Sungrow SG350HX [5]





| Power Consumption Type | Max. Self-consumption in Operation (W) | Standby Consumption (W) | Q at Night (kW) |
|------------------------------------|--|-------------------------|--|
| Control system power consumption | 33 | 6 | 3.5 (Reactive power output: 211.2kVar) |
| Fans power consumption@ full power | 232 | 0 | |
| In total | 265 | 6 | |

Note: The power consumption of the fan and control system of the inverter is included in the efficiency loss and does not need to be considered.

Figura 6-3: Consumo de inversores Sungrow SG350HX [6]





ANEXO III - HOJA DE DATOS DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL

A continuación, en la Figura 6-4, se presenta la hoja de datos del transformador principal del PFV Espiga de Oro. En la misma, se indica en color rojo, el modelo utilizado en el parque. Adicionalmente, en la Figura 6-5 y Figura 6-6, se presentan las fotos de placa del transformador principal, las cuales fueron obtenidas durante los ensayos realizados en terreno.

| Type designation | MVS3200-LV | MVS4480-LV |
|--|---|------------------------------|
| Transformer | | |
| Transformer type | Oil immersed | |
| Rated power | 3200 kVA @ 40 C | 4480 kVA @ 40 C |
| Max. power | 3520 kVA @ 30 C | 4928 kVA @ 30 C |
| Vector group | Dy11 | |
| LV / MV voltage | 0.8 kV / 20 – 35 kV | |
| Maximum input current at nominal voltage | 2540 A | 3557 A |
| Frequency | 50 Hz / 60 Hz | |
| Tapping on HV | 0, ±2.5% | |
| Efficiency | ≥99% | |
| Cooling type | ONAN (Oil Natural Air Natural) | |
| Impedance | 7% (±10%) | 8% (±10%) |
| Oil type | Mineral oil (PCB free) | |
| Winding material | Al / Al | |
| Insulation class | A | |
| MV Switchgear | | |
| Insulation type | SF6 | |
| Rate voltage | 24 – 36 kV | |
| Rate current | 630 A | |
| Internal arcing fault | IAC AFL 20kA/1s | |
| Qty. of feeder | 3 feeders | |
| LV Panel | | |
| Main switch specification | 4000 A / 800 Vac / 3P, 1 pcs | |
| Disconnecter specification | 260 A / 800 Vac / 3P, 10 pcs | 260 A / 800 Vac / 3P, 14 pcs |
| Fuse specification | 400A / 800 Vac / 1P, 30 pcs | 400 A / 800 Vac / 1P, 42 pcs |
| Protection | | |
| AC input protection | FUSE+Disconnecter | |
| Transformer protection | Oil-temperature, oil-level, oil-pressure | |
| Relay protection | 50/51,50N/51N | |
| LV overvoltage protection | AC Type II (optional: AC Type I + II) | |
| General Data | | |
| Dimensions(W*H*D) | 6058*2896*2438 mm | |
| Approximate weight | 15 T | 17 T |
| Operating ambient temperature range | -20 to 60 C (optional: -30 to 60 C) | |
| Auxiliary power supply | 5 kVA / 400 V (optional: max. 40 kVA) | |
| Degree of protection | IP54 | |
| Allowable relative humidity range (non-condensing) | 0 – 95 % | |
| Operating altitude | 1000 m (standard) / > 1000 m (optional) | |
| Communication | Standard: RS485, Ethernet; Optional: optical fiber | |
| Compliance | IEC 60076, IEC 62271-200, IEC 62271-202, IEC 61439-1, EN50588-1 | |



Figura 6-4: Hoja de datos – Transformador principal [8]





Figura 6-5: Foto de placa – Transformador principal

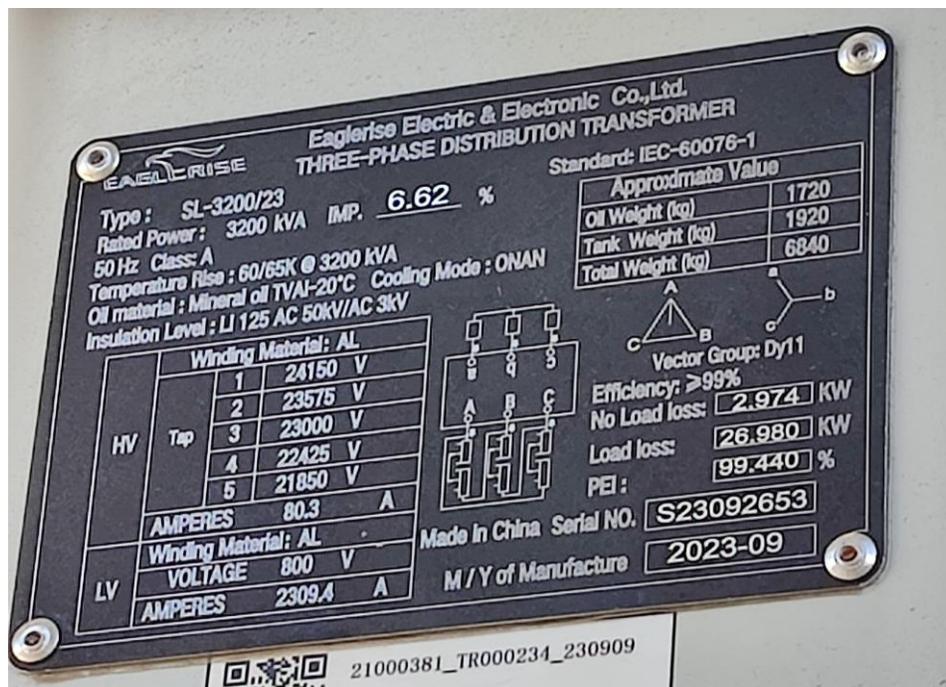


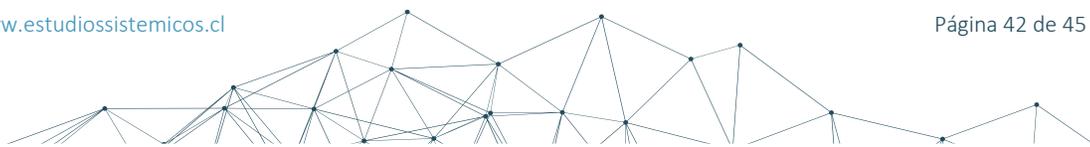
Figura 6-6: Foto de placa – Transformador principal



Finalmente, en la Tabla 6-1, se presentan los consumos del transformador principal del PFV Espiga de Oro.

Tabla 6-1: Consumos – Transformador principal [12]

| Position | Power Consumption Type | Max. Self-consumption in Operation (W) | Standby Consumption (W) |
|---------------------------|------------------------------------|--|--|
| LV room | Fans | 564 | 0 |
| | Smoke detector | 3*2=6 | 6 |
| HV room & Aux. power room | Monitoring | 50 | 50 |
| | Light @door open | 12 | 0 |
| | Fans @>40°C ambient Temp | 127 | 0 |
| | Smoke detector | 3*2=6 | 6 |
| | RMU trip coil & motor & protection | 450 | 0 |
| | Aux. transformer 40kVA loss | 660 (No load loss) 1000 (Load loss) | 660 (No load loss) 1000 (Load loss) |





ANEXO IV - HOJA DE DATOS DEL TRANSFORMADOR DE SSAA

En este anexo se presenta la hoja de datos del transformador de servicios auxiliares del PFV Espiga de Oro. En la misma se indican, en **rojo**, los parámetros más relevantes del transformador.

| | |
|-------------------|-----------------------------|
| 客户: 阳光电源股份有限公司 | 阳光型号: T153S08000415A |
| 承制方: 合肥博微田村电气有限公司 | 机密 |

6.性能参数

| NO. | 项目 | 测量端 | 测量值 | 测试条件 | 测试仪器 |
|-----|--|--|-------------------------------------|---|------|
| 1 | 额定频率(Hz) Frequency | | 50/60Hz | | |
| 2 | 额定容量(VA) Rated Load | | 15kVA | | |
| 3 | 连接组别 Group | | Dyn11 | | |
| 4 | 输入电压(V) Input voltage | | 800V | | |
| 5 | 空载输出电压 (V) No-load voltage | S380V | 388.4 V ± 3% | 800V/50Hz | |
| | | S400V | 406.7V ± 3% | | |
| | | S415V | 422.5 V ± 3% | | |
| 6 | 负载输出电压 (V) On-load Voltage | S380V | 380V ± 5% | 800V/50Hz | |
| | | S400V | 400V ± 5% | | |
| | | S415V | 415V ± 5% | | |
| 7 | 过压能力 Over voltage | 1.4倍 (1S) 产品无损坏, 1.2倍过压 (10S), 1.1倍过压 (长期) Input voltage: 1.4*rated Voltage (1S) free from damage, 1.2*rated Voltage (10S), 1.1*rated Voltage (long time) | | | |
| 8 | 空载损耗(W) No load loss | / | 160W MAX | 800V/50Hz | |
| 9 | 空载电流(A) No load Current | / | ≤3A | 800V/50Hz | |
| 10 | 负载损耗 (W) Short circuit voltage | / | 420W MAX | 次级380V短路, 初级输入额定电流 Secondary 380V tap short circuit, Primary input rated current | |
| 11 | 冲击电流(A) Inrush current | / | 420A (参考值) 420A(reference value) | 800V/50Hz | |
| 12 | 直流电阻 (mΩ) DC-resistance | 0-800V | 1020 ± 10%(线/Line) | 20℃ | |
| | | 0-380V | 202 ± 10%(线/Line) | 20℃ | |
| | | 0-400V | 214 ± 10%(线/Line) | 20℃ | |
| | | 0-415V | 224 ± 10%(线/Line) | 20℃ | |
| 13 | 效率 Efficiency | / | ≥95% | 15kVA /50Hz | |
| 14 | 变频倍压测试 Layer dielectric strength test | S415V | 无异常 No abnormalities | 2倍压8倍频 60s 2times rated voltage 8times rated Frequency, 60s | |
| 15 | 抗电强度 (kV) High pot test | P-S, C S- C | 漏电流 Leak current 10mA | 3000VAC 60s | |
| 16 | 绝缘电阻(MΩ) Insulation resistance | 线圈-铁芯 Winding-Core | ≥100MΩ | 500Vdc 60s | |
| | | 铁芯-螺栓 Core-bolt | ≥50MΩ | 500Vdc 60s | |
| 17 | 温升 (K) Temperature rise | | 110K Max@AN | 15kva/50Hz | |
| 18 | 电气间隙 (mm) Clearance | 初级-次级 P-S | 20mm | / | |

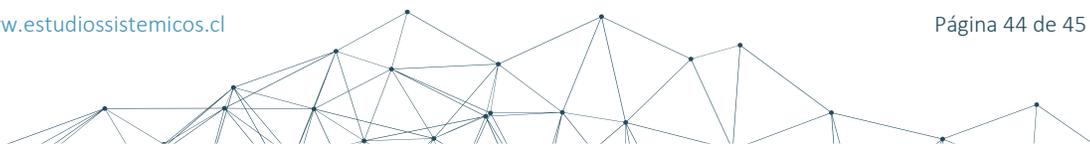
7

Figura 6-7: Hoja de datos – Transformador de SSAA [9]



7. REFERENCIAS

- [1] Coordinador Eléctrico Nacional, Anexo Técnico Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras.
- [2] P. Ingeniería, Diagrama Unifilar Simplificado, "2023-EN-A0-ELE-DWG-UNIL-002-1".
- [3] CTAI, Plano General con canalizaciones, "00126-C008-ING-FV-2-0005-PL-PLANO GENERAL DE PSFV_REV_C".
- [4] CanadianSolar, CanadianSolar BiHiKu7 BIFACIAL MONO PERC 640W ~ 670W, 2023.
- [5] Sungrow, Hoja de datos Inversor -DS_20231208_SG350HX_Datasheet_V20_EN.
- [6] Sungrow, Consumo de inversores SG350HX, "TI_20221031_SG320HX and SG350HX_Power Consumption_V3_EN".
- [7] Sungrow, Diagrama PQ Inversores SG350HX, "TI_20230530_SG320HX and SG350HX_P-Q Diagram_V5_EN".
- [8] Sungrow, Hoja de datos del transformador principal, "DS_20220519_MVS3200-LV_MVS4480-LV_Datasheet_V14_EN".
- [9] Hoja de Datos del transformador de SSAA, "T-H-001008-Trans_15KVA_800_380-415_01_S_datasheet".
- [10] E. Sistémicos, Cálculo de Potencia Máxima, "24128-INF-ENE-007 - PFV Espiga de Oro - Informe PMAX".
- [11] E. Sistémicos, Cálculo de Mínimo Técnico, "24128-INF-ENE-008 - PFV Espiga de Oro - Informe MT".
- [12] Sungrow, Power Consumption MVS3200/4425/4480-LV.





FIN DEL DOCUMENTO



ESTUDIOS
SISTÉMICOS
POR UN MUNDO MAS RENOVABLE

www.estudiossistemicos.cl

Email: contacto@estudiossistemicos.cl

Fono: +562 3307 6960

Móvil: +569 7898 7194

Oficina Central
Padre Mariano Chaparro 3598, Macul,
Santiago – Chile.

