



INFORME DE ENSAYOS DE VERIFICACIÓN DE SERVICIOS COMPLEMENTARIOS DE PARTIDA AUTONOMA

Central térmica Tocopilla TG1

Informe Técnico

Preparado para:



Agosto - 2025

A 0825 | R 1266-21

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS.....	2
LISTADO DE GRÁFICOS Y TABLAS	3
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS	4
REGISTRO DE COMUNICACIONES	5
SECCIÓN PRINCIPAL	6
1. INTRODUCCIÓN	6
2. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL.....	6
3. MARCO NORMATIVO	8
3.1. Introducción	8
3.2. Plan de Recuperación de Servicio	8
3.3. Partida Autónoma.....	8
4. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PARTIDA AUTÓNOMA	9
4.1. Información de las instalaciones y equipos	9
4.2. Tiempo de establecimiento en vacío con la unidad aislada	11
4.3. Tiempo de estabilización de carga con la unidad operando en isla.....	11
4.4. Medición del gradiente de toma de carga.....	11
4.5. Tiempo de partida en frío	12
4.6. Verificación de tiempos de detención	12
4.7. Independencia operativa de las unidades generadores	13
4.8. Tiempo de Autonomía	15
4.9. Resumen de resultados	17
5. CONCLUSIONES	18
ANEXO	19
1. CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES.....	19
1.1. Parámetros del generador	19
1.2. Características del banco de baterías	21
2. PROCEDIMIENTO DE BLACK START.....	23

LISTADO DE GRÁFICOS Y TABLAS

Gráfico 1. Esquema unilineal de conexión de la TG1 con el sistema.	7
Gráfico 2. Tasa de toma de carga configurada en la central – TG1.	11
Gráfico 3. Esquema unilineal unidad TG1 de la central Tocopilla.	13
Gráfico 4. Curva Característica del Consumo Específico de Combustible Neto Corregido (Kg/kWh) unidad TG1.	16
Gráfico 5. Placa característica del generador	19
Gráfico 6. Parámetros estáticos y dinámicos del generador	19
Gráfico 7. Curva PQ del generador, otorgada por el fabricante.....	20

Abreviaturas y acrónimos

U: tensión en bornes del generador

I_{FD}: corriente de excitación

E_{FD}: tensión de excitación

V_{REF}: tensión de referencia

V_t: tensión terminal

V_R: tensión salida del regulador

E_{FDmax}: tensión de excitación máxima

P: Potencia activa

Q: Potencia reactiva

TV: transformador de tensión

TI: transformador de intensidad

OEL: Limitador de Sobreexcitación

UEL: Limitador de Subexcitación

RAT: Regulador Automático de Tensión

CH: Central Hidroeléctrica

REGISTRO DE COMUNICACIONES

Registro de las actividades, comunicaciones y aprobación de informes.

Número	Fecha dd/mm/año	Preparó	Revisó	Aprobó	Observaciones
0	17/02/2024	FG	FM	FM	Emisión inicial
1	18/08/2025	PB	NP	NP	Actualización Tiempos de Partida Autónoma

SECCIÓN PRINCIPAL

1. Introducción

En el siguiente informe se describen los resultados obtenidos en los ensayos de verificación del servicio complementario de Partida Autónoma realizados en la unidad TG1 de la Central Térmica Tocopilla, durante el 14 de Agosto de 2023, además de la actualización de los tiempos de partida autónoma en función del ensayo realizado el 11 de Agosto del 2025, con el objetivo de dar cumplimiento a las exigencias establecidas en la Norma Técnica de servicios complementarios vigente.

Las verificaciones anteriormente señaladas se realizan siguiendo los lineamientos estipulados en la "Guía-de-Verificación-Partida-Autónoma-y-Aislamiento-Rápido" expedida por el Coordinador Eléctrico Nacional.

2. Descripción de la central

La central termoeléctrica Tocopilla se encuentra en la comuna de Tocopilla, en la región de Antofagasta, Chile. La central consta de cuatro unidades generadoras actualmente en servicio: U16 (ciclo combinado TG+TV de 400 MW), TG1 y TG2 (turbinas de gas de 21 MW) y TG3 (turbina de gas de 37.5 MW).

Las unidades TG1 y TG2 consisten en una turbina de gas Hitachi-GE de 25.6 MW, acoplada a un generador modelo PG 5341 del mismo fabricante. El generador tiene una potencia nominal de 27.9 MVA, tensión nominal de 11.5 kV y factor de potencia de 0.85. La conexión del generador a la red se realiza por medio de un transformador de 28 MVA y relación 115/5/11.5 kV que vincula la unidad a la SE Tocopilla 110 kV.

El sistema de excitación es estático, de tensión nominal 300 V y corriente nominal 276 A.

El análisis de la unidad TG1 es motivo del presente informe, donde se presentan los resultados de los ensayos de verificación asociados a los SSCC.

En el Gráfico 1 se muestra el esquema unilineal simplificado de la central y su conexión con el sistema eléctrico a través de la SE Tocopilla.

3. Marco normativo

3.1. Introducción

La presente sección tiene por objetivo citar los requerimientos mínimos que debe cumplir las instalaciones conectadas al Sistema Eléctrico Nacional para verificar las capacidades de prestar el servicio de partida autónoma de acuerdo con la Norma Técnica de Servicios Complementarios (NTSSCC) vigente, y en la Guía de Verificación de Partida Autónoma y Aislamiento rápido.

3.2. Plan de Recuperación de Servicio

El plan de recuperación de servicio corresponde a los servicios que, una vez ocurrido un apagón total o parcial del sistema eléctrico, permiten reestablecer el suministro en el menor tiempo posible. Dentro de este servicio se enmarcan 3 subcategorías:

- Partida Autónoma
- Aislamiento rápido
- Equipamiento de vinculación

3.3. Partida Autónoma

3.3.1 Definición de la prestación

Partida Autónoma corresponde a la capacidad de una unidad generadora o sistema de almacenamiento que, encontrándose fuera de servicio, puede iniciar el proceso de partida de sus instalaciones, energizar líneas y tomar carga, sin contar con suministro de electricidad externo.

3.3.2 Objetivos de los ensayos

La prueba tiene por objetivo verificar la capacidad de la unidad generadora o sistema de almacenamiento de energía de disponer de las condiciones técnicas que permitan frente a una situación de apagón del sistema interconectado (SI), la partida de la unidad generadora sin contar con alimentación eléctrica desde el SI y encender la unidad, sincronizar y tomar carga hasta la potencia máxima disponible, conforme a las exigencias establecidas en el TITULO 3-9 de la NT de SSCC y al Estudio para Plan de Recuperación de Servicio.

3.3.3 Requerimientos de la prestación

Las unides que prestan servicio complementario de PA se dividen en dos categorías:

- a) Las que requieren equipamiento adicional para su partida como grupos electrónicos o bancos de baterías
- b) Unidades de combustión interna que son capaces de realizar su proceso sin equipamiento adicional de partida

Las instalaciones deberán ser al menos capaces de:

- a) Disponer de capacidad de operación independiente del resto del sistema eléctrico
- b) Disponer de todo el equipamiento necesario para una adecuada implementación del requerimiento que defina el Coordinador.
- c) Operar de forma estable con el controlador de velocidad/potencia en el modo de control de carga.

4. Evaluación de la capacidad de Partida Autónoma

En esta sección se presenta la información de las instalaciones y los ensayos realizados con el objetivo de verificar la respuesta dinámica del control de velocidad/potencia de la unidad, así como el proceso de partida autónoma propiamente tal.

4.1. Información de las instalaciones y equipos

En la siguiente tabla se muestra a información más relevante de la unidad TG1 CT Tocopilla.

Tabla 1. Datos técnicos de la unidad TG1.

	Identificación	Generador de corriente alterna HITACHI
Generador	Potencia Nominal [MVA]	27.94
	Tensión Nominal [kV]	11.5
	Factor de potencia nominal	0.85
Turbina	Identificación	Turbina a gas GE PG 5341
	Potencia [MW]	25.6
	Potencia máxima declarada [MW]	25.6
	Caudal [m3/s] / Altura [m]	N/A
Transformador de potencia	Identificación	Transformador de potencia TG1
	Potencia Aparente [MVA]	28/28/7
	Tensión (HT/LT) [kV]	115/11.5/5
	Grupo de conexión	Y0d1y0
	Tensión de cortocircuito HV-MV[%]	18.67
	Tensión de cortocircuito MV-LV[%]	1.3525
	Tensión de cortocircuito LV-HV[%]	3.2665
Servicios auxiliares MT	Tensión (HT/LT) [kV]	11.5/0.38
	Potencia Aparente [kVA]	100
	Grupo de conexión	Dy11
Banco de baterías	Tensión Nominal [Vcc]	125
	Tipo	PLOMO-ÁCIDO / VENTED (ABIERTAS)
	Composición	60 celdas
	MARCA / MODELO	SUNLIGHT 2V 60PZS 600
	CAPACIDAD NOMINAL/horas	600 AH A 10 HRS.

Tabla 2. Verificación de la documentación de la central.

Planos conforme a Obra	Verificado
Manual de Mantenimiento	Verificado
Controles Periódicos	Verificado
Manual de Operación	Verificado
Procedimiento de partida Autónoma	Verificado

Tabla 3. Verificación de la independencia operativa de la unidad generadora.

Consola de mando	Verificado
Medición	Verificado
Señalización y Alarmas	Verificado
Control de Tensión	Verificado
Control de Frecuencia	Verificado
Comunicaciones Operativas	Verificado
Circuito de alimentación de Agua	Verificado
Circuito Eléctrico de Potencia	Verificado
SSAA	Verificado

Tabla 4. Verificación de las variables supervisadas en tiempo real por el CDC.

Potencia activa neta inyectada por cada unidad al SI	Verificado
Potencia reactiva absorbida/inyectada por cada unidad	Verificado
Posición de los taps de los transformadores	No
Posición de interruptores y seccionadores de unidades generadoras y SSAA.	NO
Tensión lado alta transformador de cada unidad	Verificado
Tensión y frecuencia en terminales del generador	Verificado
Nivel de los embalses	Verificado

4.2. Tiempo de establecimiento en vacío con la unidad aislada

Debido a que no era posible realizar escalones en el regulador de velocidad por limitación en el acceso al software del regulador (antiguo), este ítem no pudo ser completado.

4.3. Tiempo de estabilización de carga con la unidad operando en isla

Dadas las características de la Central TG1, no se ha podido llevar a cabo la prueba de estabilización de carga con la unidad operando en isla, debido a que en el sistema eléctrico no se dispone de una carga que pueda ser utilizada durante las pruebas.

4.4. Medición del gradiente de toma de carga

Este ensayo tiene la finalidad de verificar que la unidad puede aumentar su generación de forma controlada.

Para la realización de este ensayo desde el SCADA de la central se cambió la consigna de potencia activa en el sistema de control mediante un único escalón para evaluar la rampa de subida de potencia de la central, desde el mínimo técnico (3 MW) hasta la potencia máxima disponible.

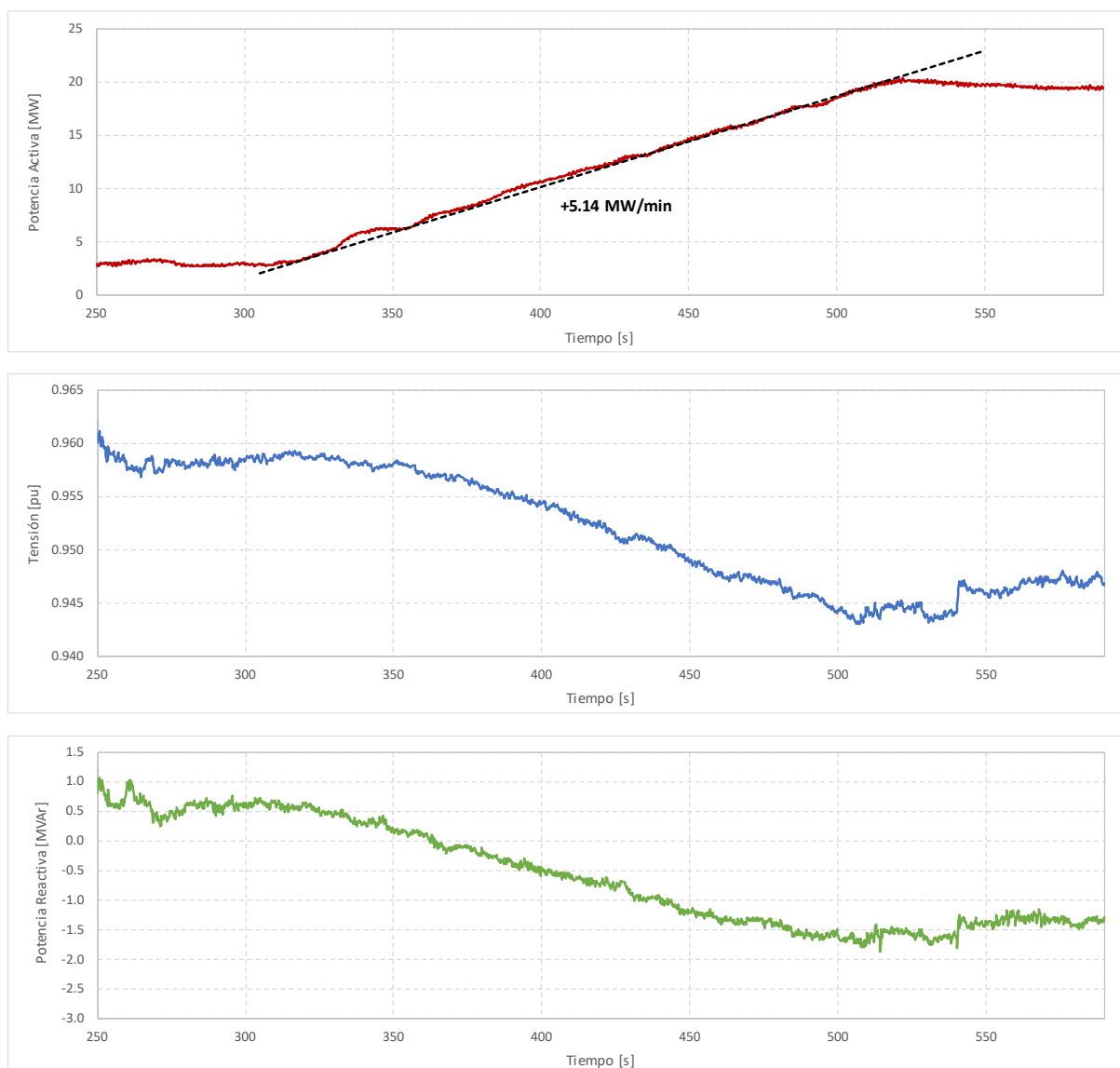


Gráfico 2. Tasa de toma de carga configurada en la central – TG1.

Como puede observarse en los gráficos anteriores, la unidad presenta una respuesta estable. La tasa de toma de carga medida resulta igual a 5.14 MW/min, la cual equivale a 18.43 %/min respecto a la potencia nominal de la unidad (27.9 MVA).

4.5. Tiempo de partida en frío

A partir de los informes de determinación de Parámetros de Partida y Detención de las unidades de la central tocopilla, que fueron emitidos por el coordinado Engie en el año 2017, se obtienen los tiempos desde el estado de apagado de la unidad TG1 hasta que alcanza su potencia nominal, desglosándose en los siguientes periodos, de acuerdo a lo indicado en el Anexo Técnico respectivo:

- A) Periodo I: Desde el inicio del proceso de partida hasta la sincronización.
- B) Periodo II: Desde la sincronización hasta la operación a mínimo técnico.
- C) Periodo III: Desde a operación a mínimo técnico hasta la operación a potencia nominal (carga base).

Tabla 5. Tiempos de partida en frio de la unidad TG1 de la central Tocopilla.

Unidad	Periodo I [min]	Periodo II [min]	Periodo III [min]
TG1	12	0.6	4.4

Estas unidades pueden iniciar la secuencia de detención en cualquier momento y por lo tanto no tienen tiempo mínimo de operación.

4.6. Verificación de tiempos de detención

A los fines de conocer y controlar el proceso de detención de las unidades, puede definirse lo siguiente:

- Tiempo de Detención: Es el tiempo necesario para llevar a la unidad generadora desde su velocidad de régimen hasta la condición de velocidad cero o virado. Pueden considerarse en este caso dos condiciones extremas que tienen que ver con la condición previa de carga de la unidad, ya sea que ésta haya estado en vacío o bien con carga nominal.

De igual forma, a partir de los informes de determinación de Parámetros de Partida y Detención de las unidades de la central Tocopilla, se obtienen los tiempos desde el estado de potencia máxima (carga base) de las unidades hasta la detención completa (0 rpm), desglosándose en los siguientes procesos:

- D) Periodo IV: Desde potencia nominal hasta mínimo técnico.
- E) Periodo V: Desde mínimo técnico hasta la desconexión.
- F) Periodo VI: Desde la desconexión hasta el estado de apagado completo (0 rpm).

Tabla 6. Tiempos de detención de la unidad TG1 de la central Tocopilla.

Unidad	Periodo IV [min]	Periodo V [min]	Periodo VI [min]
TG1	3.4	1.6	18

El tiempo mínimo de detención fue informado en un valor de 0 para ambas unidades.

4.7. Independencia operativa de las unidades generadores

4.7.1 Descripción de las instalaciones

Como se observa en el Gráfico 3 ambas unidades (TG1 y TG2) de la CT Tocopilla se conectan a la SE Tocopilla en 110 kV, a través de transformadores de unidad 11.5/115 kV.

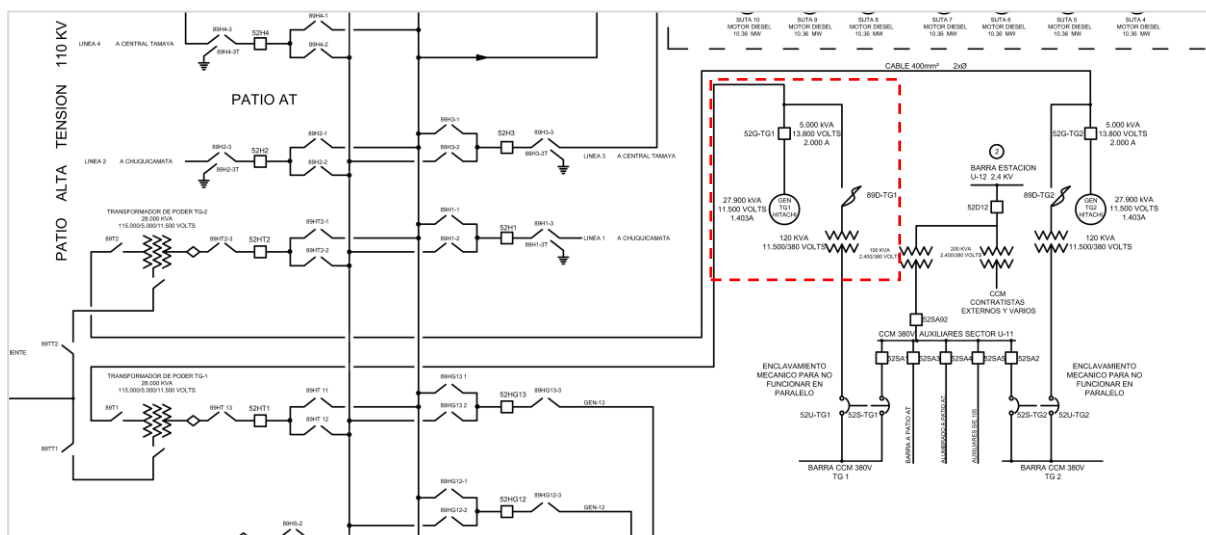


Gráfico 3. Esquema unilineal unidad TG1 de la central Tocopilla.

Los servicios auxiliares de TG1 y TG2 son alimentados por transformadores independientes de 11.5 /0.38 kV, estos se conectan en el lado de 0.38 kV dos barras (CCM TG1 y CCM TG2). Adicionalmente se cuenta con un sistema de baterías que en 125 Vcc independiente para cada unidad que permite el arranque en negro en caso de falla en la red.

4.7.2 Definiciones de tiempos

En la guía de verificación se solicitan los siguientes tiempos:

- Tiempo requerido para disponer de alimentación eléctrica a los servicios auxiliares mínimos necesarios para hacer partir la unidad generadora (bombas, compresores, ventilación, sistemas de control y protecciones, entre otros.).
- Tiempo de arranque del generador de respaldo, estabilización de tensión y frecuencia hasta cierre de alimentación interna de la central.
- Tiempo requerido para la disponibilidad de los servicios auxiliares mínimos para el arranque de la unidad medidos desde cero tensiones.
- Tiempo total de energización de la barra de media tensión.
- Tiempo de verificación y alimentación eléctrica a los auxiliares de la unidad generadora principal.

- f) Tiempo hasta la orden de partida de la unidad generadora principal (desde la detección de falta de tensión en barras de media tensión.
- g) Tiempo de partida de la unidad generadora principal, desde la orden de partida hasta alcanzar velocidad de sincronismo a barra muerta (FSNL: full speed no load).
- h) Tiempo de cierre del interruptor en condición de barra muerta y energización de la red de alta tensión.

4.7.3 Condiciones de los ensayos

Para la ejecución de estos ensayos se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones de partida:

- Unidades TG1 y TG2 originalmente detenidas y disponibles para comenzar el proceso de arranque.
- Disponibilidad plena del Operador en la Sala de Comando de la Central Tocopilla.

4.7.4 Prueba de partida autónoma en las TG1 de la central Tocopilla

Estos ensayos se realizaron el día 11 de Agosto de 2025, comenzando a las 15:00 hs en la TG1. La central se encontraba disponible y las unidades listas para el arranque.

El responsable de ejecutar las maniobras indicadas en el procedimiento de Partida Autónoma es el operador de la central, en conjunto con el personal de operación y mantenimiento quienes estaban debidamente capacitados para efectuar las maniobras e intervenciones necesarias.

Se contaba con el instructivo necesario para la prueba consistente en el siguiente documento: "Instructivo Turbo_1-2_Prueba_Black_Star", última modificación 20/01/2009.

Bajo las condiciones citadas en 4.7.3 se procede a realizar la apertura del interruptor de SSAA, perdiéndose de esta forma los SSAA de la central. Se verificó a partir de esta maniobra el arranque automático del sistema de baterías de la central y la consiguiente alimentación de los SSAA.

Se midieron los tiempos involucrados en el proceso de partida autónoma obteniendo los resultados que se muestran a continuación:

Tabla 7. Tiempos de partida autónoma unidad TG1.

Evento	Tiempo asociado	Hora [hh:mm:ss]	Tiempo [mm:ss]	Tiempo acumulado [mm:ss]
Simulación del apagón	Inicio del proceso	15:13:23	0:00	0:00
Arranque sistema de baterías	Sistema de baterías de respaldo alimentando los chisperos de la TG y la bomba de combustible en CC	15:14:14	0:51	0:51
Reestablecimiento SSAA	SSAA Restablecidos (completos)	15:17:33	3:19	4:10
Fin de verificaciones iniciales	Verificaciones, controles, reseteos de alarmas y aviso de disponibilidad para arranque de unidad	15:17:45	0:12	4:22
Orden de partida	Inicio secuencia de arranque	15:17:54	0:09	4:31
Unidad a velocidad y tensión nominal	La unidad se encuentra a full speed no load lista para cerrar contra barra muerta	15:28:28	10:34	15:05
Cierre contra barra muerta	Maniobra de cierre contra barra muerta (52G1 cerrado)	15:30:35	2:07	17:12
Fin de maniobras posteriores	Verificación de condiciones estables	15:31:30	0:55	18:07

4.8. Tiempo de Autonomía

El tiempo de autonomía se define como el tiempo máximo que la unidad puede operar a potencia máxima conforme a sus características técnica, así como al combustible declarado disponible para autoabastecerse. En el caso particular de las unidades TG1 y TG2 de la CT Tocopilla, estas comparten un tanque de combustible Diesel de una capacidad de 70 m³. El consumo específico neto de la unidad TG1 está dado polinomio de ajuste de orden 3, cuyos coeficientes y curva característica se muestran a continuación:

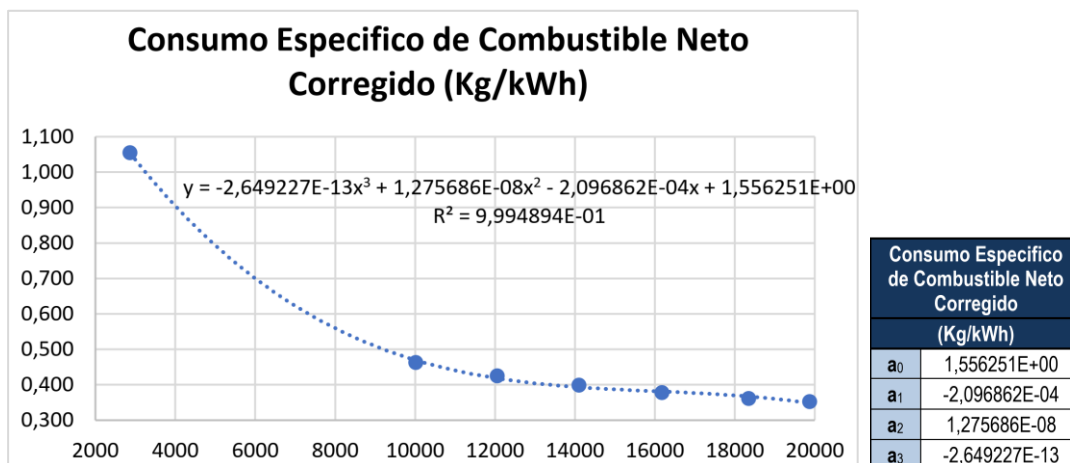


Gráfico 4. Curva Característica del Consumo Específico de Combustible Neto Corregido (Kg/kWh) unidad TG1.

De lo anterior, para la potencia neta máxima declarada de la central ($P_{\text{neta}} = 19.571$) se tiene un consumo neto específico de 0.3528 kg/kWh. A partir de la densidad del combustible Diesel (835.5 kg/m³ del informe de consumo específico) se puede la energía como sigue:

$$E_{\text{esp}} [kWh] = \left(\frac{70 \text{ m}^3 \times 835.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{0.3528 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}}} \right) = 165791.39$$

Finalmente, para una unidad en funcionamiento a la potencia máxima neta, la autonomía queda determinada por la siguiente expresión:

$$Tiempo \text{ autonomia } [h] = \frac{E_{\text{esp}} [MWh]}{P_{\text{neta}} [MW]} = \frac{165.791 \text{ MWh}}{19.571 \text{ MW}} = 8.45$$

4.9. Resumen de resultados

A continuación, en la Tabla 8, se presenta un resumen de los resultados obtenidos durante los ensayos y verificaciones realizadas en la unidad TG1 de la central Tocopilla.

Tabla 8. Resumen de resultados obtenidos en la unidad TG1 de la CT Tocopilla.

Verificación	TG1
Verificación de la independencia operativa	Verificada
Tipo de respuesta del GOV al escalón en vacío	No se verificó
Tiempo de establecimiento (TS) [S]	No se verificó
Tiempo de crecimiento (Tr) [s]	No se verificó
Sobreoscilación (OV) [%]	No se verificó
Error de estado estacionario [%]	No se verificó
Gradiente de toma de carga observado [MW/min]	5.14
Tiempo determinado por el ensayo	Tiempo [mm:ss]
Tiempo requerido para disponer de alimentación eléctrica a los servicios auxiliares mínimos necesarios para hacer partir la unidad generadora (bombas, compresores, ventilación, sistemas de control y protecciones, entre otros).	04:10 (*)
Tiempo de arranque batería de respaldo, estabilización de tensión y frecuencia hasta cierre de alimentación interna de la central	00:51
Tiempo requerido para la disponibilidad de los servicios auxiliares mínimos para el arranque de la unidad medidos desde cero tensiones.	04:10 (*)
Tiempo total de energización de la barra de media tensión	17:12
Tiempo de verificación y alimentación eléctrica a los auxiliares de la unidad generadora principal	04:10 (*)
Tiempo hasta la orden de partida de la unidad generadora principal (desde la detección de falta de tensión en barras de media tensión)	4:31
Tiempo de partida de la unidad generadora principal, desde la orden de partida hasta alcanzar velocidad de sincronismo a barra muerta (FSNL: full speed no load)	10:34
Tiempo de cierre del interruptor en condición de barra muerta y energización de la red de alta tensión.	18:07

(*) Para el caso particular de la unidad TG1 de la CT Tocopilla, estos 3 tiempos corresponden al mismo evento Restablecimiento de SSAA de acuerdo a lo mencionado en la Tabla 8.

5. Conclusiones

En relación a los ensayos realizados en campo descritos en el siguiente informe, se concluye que el resultado de las pruebas realizadas fue satisfactorio. Los ensayos llevados a cabo fueron ejecutados de acuerdo al protocolo confeccionado y a los requerimientos de la Norma Técnica.

- La unidad TG1 de la CT Tocopilla logró cumplir con el proceso de partida autónoma desde cero tensiones hasta el cierre contra del interruptor de máquina.
- El proceso de partida autónoma de las unidades se realiza a partir de la Guía de maniobras "Instructivo Turbo_1-2_Prueba_Black_Star", la cual fue aplicada por el operador de planta quien se encontraba debidamente capacitado para iniciar el arranque de la central.
- Se verificó la independencia operativa de las unidades de la CT Tocopilla.
- El gradiente de toma de carga de la unidad es estable y responde a lo consignado en planta.
- Los tiempos de partida en frío se obtienen a partir del Informe de Determinación de Parámetros de Partida y Detención.
- El escalón con carga aislada no fue posible debido a la imposibilidad sistémica de tener una carga aislada disponible para dicha tarea.

ANEXO

1. CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES

1.1. Parámetros del generador

GENERADOR

TIPO **TFB, LAW** DISP **K** NORMA **JEC-114 (1964)**

POTENCIA KVA **27941** FUNCIONAMIENTO **CONTINUO**

TEMP. AGUA REFRIG. **18°C** N° DE FASES **3** POLOS **2**

RPM **3000** FRECUENCIA **50 HZ** FACTOR DE POT. **0.85**

TENSION **11500 V** CONEXION **Y** CORRIENTE **1403 A**

TENSION EXCITACION **300 V** CORRIENTE EXCITACION **276 A**

LA TEMPERATURA NO DEBE EXCEDER DE:

EN EL ENROLLADO DE ARMADURA **140°C**

EN EL ENROLLADO DE CAMPO **150°C**

N° FAB. **'A'** FECHA **1973** INSTRUC. N° **TS 11151100-2**

HITACHI LTDA. TOKIO JAPON

Gráfico 5. Placa característica del generador

Synchronous Machine Type - Equipment Type Library\00-Norte_Grande\GENERADORES\TG1-2.TypSym

Basic Data
Description
Version
Load Flow
Short-Circuit VDE/IEC
Short-Circuit Complete
Short-Circuit ANSI
Short-Circuit IEC 61363
Short-Circuit DC
Simulation RMS
Simulation EMT
Protection
Power Quality/Harmonics
Reliability
Hosting Capacity Analysis
Power Park Energy Analysis
Optimal Power Flow

General Zero/negative sequence data Saturation Damping Advanced

Model **Standard** Input parameters **Short-circuit data**

Detailed model 2.2 (field and one damper winding in the d-axis, and two damper windings in the q-axis)

Inertia
Input mode **Default**

Inertia constant H (rated to Sgn) **2.5** s

Stator parameters
rstr **0.** p.u.
x1 **0.15** p.u.

Synchronous reactances
xd **1.899** p.u.
xq **1.815** p.u.

Rotor type
☐ Salient pole
☒ Round rotor

Rotor mutual reactances
xrlq **0.** p.u.

Transient time constants
Td0' **4.571429** s
Tq0' **0.37** s

Subtransient time constants
Td0'' **0.04516129** s
Tq0'' **0.03** s

Transient reactances
xd' **0.266** p.u.
xq' **0.517** p.u.

Subtransient reactances
xd'' **0.236** p.u.
xq'' **0.3012** p.u.

OK Cancel

Gráfico 6. Parámetros estáticos y dinámicos del generador

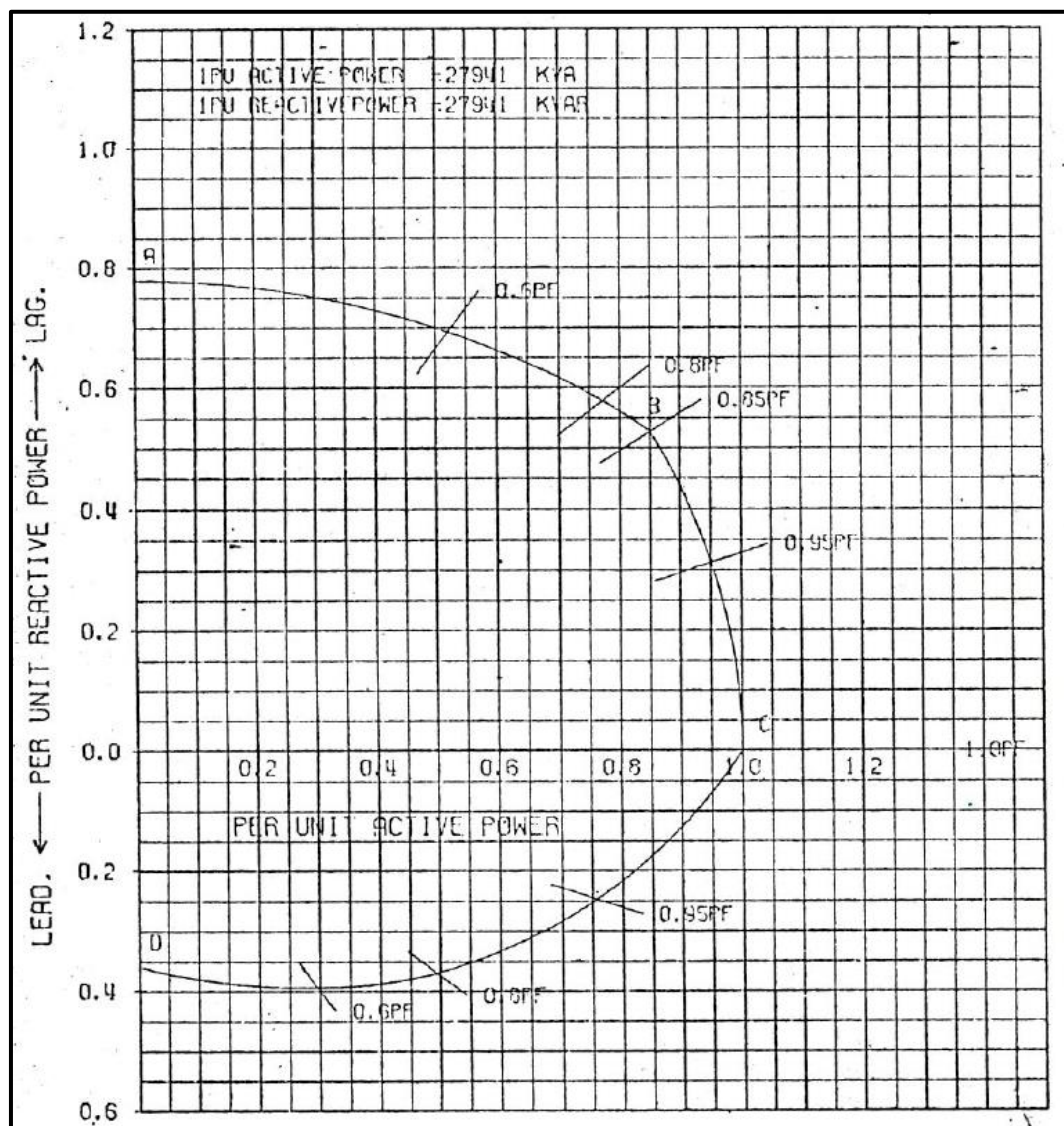


Gráfico 7. Curva PQ del generador, otorgada por el fabricante

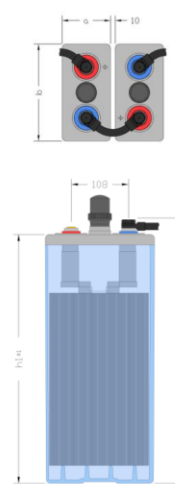
1.2. Características del banco de baterías



2V 6 OPzS 600 Cell Data Sheet

2V 6 OPzS 600

Technical Characteristics	
Capacity (Ah), C10 (1,8 V/cell, 20°C)	672
Capacity (Ah), C8 (1,75 V/cell, 20°C)	668,8
Number of plates (+) per cell	6
Floating voltage set point (V/cell)	2,23
Maximum initial charge current (A)	0,3 C10
Recommended Boost Charge Voltage (V/cell)	2,40
Recommended End of Discharge voltage (10-hr rate) (V/cell)	1,80
Short circuit current (A)	4700
Internal resistance (mOhm)	0,430
Number of cycles at 60% depth of discharge (20°C)	2300
Self-discharge rate per month at 20 °C	Approx. 2,5 %
Dimensions in mm (LxWxH1xH2) H1 = Height to the lid H2 = Height including connectors & bolts	145 x 206 x 646 x 674
Weight (kg)	Wet: 46,5 / Dry: 33,7
Type and number of poles	M10 / 2
Operating Temperature / Recommended Temperature	-20°C - 55°C / 10°C - 30°C



*All dimensions and weights shown are subject to manufacturing tolerances.

Constant Current Discharge in A (at 20°C)

Discharge Time															
End Voltage (V/cell)	10min	15min	30min	45min	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	10 h	12 h	20 h
1,60 V	706,2	656,6	532,3	442,9	378,1	242,3	182,4	148,1	125,6	109,6	97,5	88,0	74,0	64,2	42,5
1,65 V	629,9	589,2	489,7	415,9	360,7	237,3	179,7	146,2	124,2	108,4	96,5	87,2	73,4	63,6	42,2
1,70 V	551,9	519,2	440,5	380,9	335,3	228,3	175,0	143,2	121,9	106,6	95,0	85,9	72,3	62,8	41,7
1,75 V	473,3	447,5	385,0	338,6	302,3	213,0	166,3	137,5	117,8	103,4	92,4	83,6	70,6	61,4	40,9
1,80 V	386,2	372,5	325,2	289,7	261,7	190,9	151,8	127,0	109,8	97,0	87,1	79,1	67,2	58,6	39,4
1,83 V	328,3	323,1	287,3	257,6	234,3	174,2	140,2	118,2	102,6	91,0	82,0	74,7	63,7	55,7	37,7
1,85 V	289,6	286,8	261,0	235,3	214,8	161,6	131,1	111,1	96,9	86,2	77,8	71,0	60,7	53,2	36,2
1,87 V	244,1	241,8	234,7	212,4	194,5	148,0	121,0	103,1	90,2	80,5	72,8	66,6	57,1	50,2	34,3
1,90 V	192,8	191,7	188,3	176,6	162,9	125,7	103,9	89,2	78,5	70,3	63,9	58,6	50,5	44,5	30,8

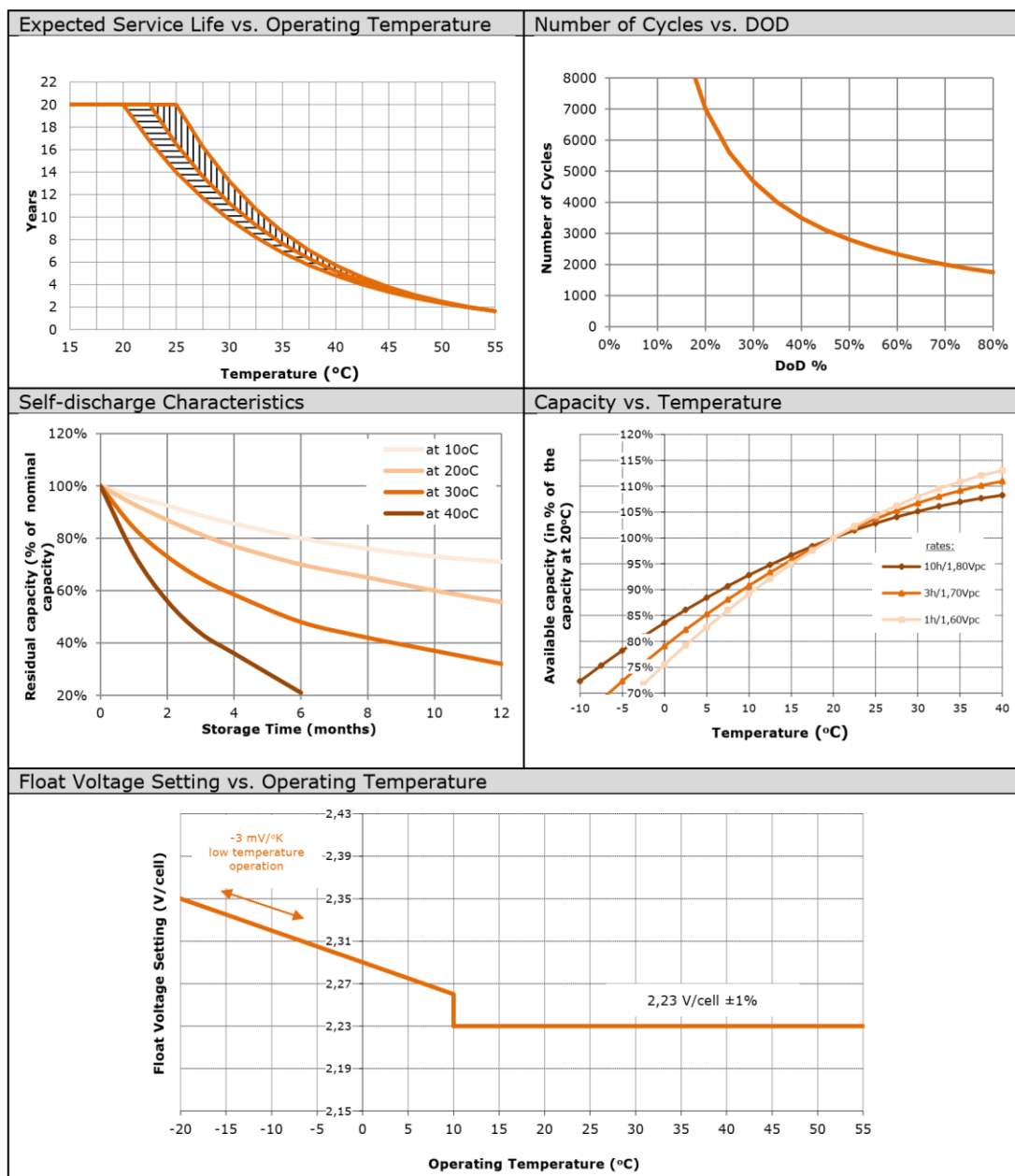
Constant Power Discharge in W/cell (at 20°C)

Discharge Time															
End Voltage (V/cell)	10min	15min	30min	45min	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	10 h	12 h	20 h
1,60 V	1101,5	1023,9	843,4	716,6	623,6	418,2	321,6	264,5	226,3	198,7	177,7	161,2	136,5	118,8	79,8
1,65 V	1018,0	949,6	794,1	683,3	600,6	410,8	317,5	261,6	224,1	197,0	176,2	159,8	135,4	117,9	79,2
1,70 V	923,3	864,8	733,1	638,5	566,8	397,3	310,3	256,8	220,6	194,1	173,8	157,8	133,8	116,6	78,4
1,75 V	816,7	769,1	659,8	581,7	521,4	374,6	296,7	247,7	213,8	188,8	169,5	154,1	131,0	114,3	77,1
1,80 V	699,7	661,1	574,2	511,2	462,7	341,0	273,9	231,0	200,8	178,2	160,7	146,6	125,2	109,7	74,5
1,83 V	600,5	584,8	516,9	462,8	420,7	314,8	255,3	216,5	189,0	168,4	152,2	139,1	119,2	104,7	71,6
1,85 V	533,2	524,5	475,7	427,5	390,2	294,6	240,5	204,8	179,4	160,1	145,0	132,7	114,0	100,3	69,0
1,87 V	476,5	473,3	433,1	390,7	357,3	272,3	223,7	191,3	168,1	150,4	136,5	125,1	107,7	95,0	65,6
1,90 V	372,1	369,8	354,0	331,0	304,3	234,8	194,5	167,5	147,8	132,8	120,8	111,1	96,1	85,0	59,3

SYSTEMS SUNLIGHT S.A.

Headquarters 2 Ermou & Nikis Str, Syntagma Square, 105 63 Athens, Attica, Greece **T** +30 210 6245400 **F** +30 210 6245409
Manufacturing Plant Neo Olvio, 672 00 Xanthi, Greece **T** +30 25410 48100 **F** +30 25410 95446
Service Department 366 Tatoiou Street, 136 73 Acharnes, Attica, Greece **T** +30 210 6245600 **F** +30 210 6245619

www.systems-sunlight.com



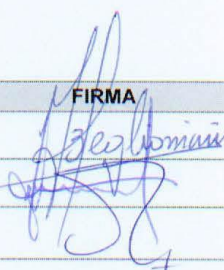
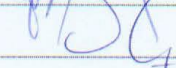
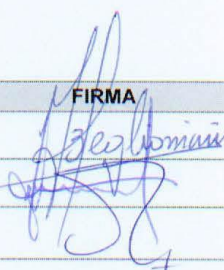
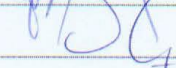
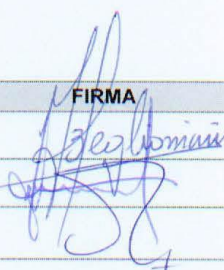
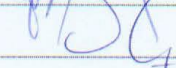
**SYSTEMS SUNLIGHT reserves the right to change or revise without notice any information or detail given in this publication.*

SYSTEMS SUNLIGHT S.A.

Headquarters 2 Ermou & Nikis Str, Syntagma Square, 105 63 Athens, Attica, Greece **T** +30 210 6245400 **F** +30 210 6245409
Manufacturing Plant Neo Olvio, 672 00 Xanthi, Greece **T** +30 25410 48100 **F** +30 25410 95446
Service Department 366 Tatoiou Street, 136 73 Acharnes, Attica, Greece **T** +30 210 6245600 **F** +30 210 6245619

www.systems-sunlight.com

2. PROCEDIMIENTO DE BLACK START

 ISO 9001-14001-45001 EDELNOR ELECTROANDINA CT ANDINA DISTRIBUIDOR	SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO SEGURIDAD-AMBIENTE- CALIDAD INSTRUCTIVO Prueba Black Start Turbo Gas TG-1/TG-2																										
<u>TABLA DE CONTENIDOS</u> 1. OBJETIVO 2. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD 3. REGISTROS 4. ANEXOS																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">ESTADO</th> <th style="width: 30%;">NOMBRE</th> <th style="width: 30%;">FIRMA</th> <th style="width: 20%;">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Confeccionado por:</td> <td>Sub. Jefe de Turno</td> <td></td> <td>19/02/09</td> </tr> <tr> <td>Revisado por:</td> <td>Jefe de Turno</td> <td></td> <td>26/02/09</td> </tr> <tr> <td>Aprobado por:</td> <td>Jefe de Operaciones</td> <td></td> <td>26/02/09</td> </tr> <tr> <td>VALIDACIÓN [uso exclusivo del Cliente]</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">Versión</th> <th style="width: 50%;">MOTIVO DEL CAMBIO</th> <th style="width: 30%;">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ver.00</td> <td>Original</td> <td>20/01/2009</td> </tr> </tbody> </table>		ESTADO	NOMBRE	FIRMA	FECHA	Confeccionado por:	Sub. Jefe de Turno		19/02/09	Revisado por:	Jefe de Turno		26/02/09	Aprobado por:	Jefe de Operaciones		26/02/09	VALIDACIÓN [uso exclusivo del Cliente]				Versión	MOTIVO DEL CAMBIO	FECHA	Ver.00	Original	20/01/2009
ESTADO	NOMBRE	FIRMA	FECHA																								
Confeccionado por:	Sub. Jefe de Turno		19/02/09																								
Revisado por:	Jefe de Turno		26/02/09																								
Aprobado por:	Jefe de Operaciones		26/02/09																								
VALIDACIÓN [uso exclusivo del Cliente]																											
Versión	MOTIVO DEL CAMBIO	FECHA																									
Ver.00	Original	20/01/2009																									
CÓDIGO: IN-0910	Ver.00	Página 1 de 7																									

 ISO 9001-14001 OHSAS18001 EDELNOR ELECTROANDINA ETANDINA DISTRIBUIDOR	SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO SEGURIDAD-AMBIENTE- CALIDAD INSTRUCTIVO Prueba Black Start Turbo Gas TG-1/TG-2			
1. OBJETIVO				
El presente instructivo tiene por objetivo entregar la metodología necesaria para la realización de la prueba Black Start de las Turbinas a Gas TG1 y TG2 . Cada Trabajador debe estar en conocimiento de cada uno de los puntos que involucra este instructivo Protegiendo la integridad física de las personas, evitando el impacto sobre el Medio Ambiente, el efecto negativo sobre los equipos, instalaciones, procesos o la combinación de éstos.				
2. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD				
La prueba consiste en que Unidad comience su proceso de partida sin contar con energía externa para alimentar sus servicios auxiliares (SSAA), es decir, estos deben energizarse desde su banco de baterías. Una vez transcurrido el tiempo normal de su proceso de partida (aproximadamente 12 minutos), la unidad debe energizar la barra muerta de la S/E de 110 Kv.				
2.1. Condiciones previas para Puesta en Servicio Bomba Booster				
Qué se debe hacer (secuencia de acciones)	Quién lo debe hacer			Cómo lo debe hacer
	Jefe de Turno	Sub. Jefe Turno	Operador Sala Control	
Aplicar C. E. R. O	1	1		Usar Análisis de Riesgos en el lugar de trabajo. ART
Verificar de equipos, instalaciones y herramientas		2	2	Verifique las condiciones de los equipos, instalaciones y herramientas involucradas en el proceso, e informe de inmediato al Jefe de Turno y al Operador de Sala de Control sobre toda condición sub. estándar.
Informar Despacho Carga Preparación Prueba Black Start.	3	3	3	Informe telefónicamente a operador despacho de carga, preparación para las pruebas Black Start de TG1 o TG2.
Verificar Generador de la TG-1 o TG-2.		4	4	Verifique visualmente condición del Generador, en condición Detenido o Activo (girando con virador) e Informe a operador sala de control.
Confirmar en Pantalla posición Mode Select. AUTO			5	Verifique en consola de operación TG-1 o TG-2 ubicada en sala de control U-14/15, confirmando en pantalla START-UP, ventana Mode Slect se encuentra seleccionado AUTO .
Confirmar en Pantalla posición GT1Sincronize, ventana Closure. AUTO.			5	Verifique en consola de operación TG-1 o TG-2 ubicada en sala de control U-14/15, confirmando en pantalla GT1Sincronize, ventana Closure, boton Dead Bus debe estar seleccionado. AUTO .
Verificar Posición AUTO selector de sincronización 43S.		6	6	Verifique visualmente en Nave de Turbina TG-1 o TG-2, selector de sincronización 43S en panel eléctrico, debe estar en posición AUTO .
CÓDIGO: IN-0910				
Ver.00				
Página 2 de 7				

 ISO 9001-14001 OHSAS18001 EDELNOR ELECTROANDINA CTANDINA DISTRIBUIDOR	SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO SEGURIDAD-AMBIENTE- CALIDAD INSTRUCTIVO Prueba Black Start Turbo Gas TG-1/TG-2			
2.2. Maniobras para Inicio de Prueba Black Start.				
Qué se debe hacer (secuencia de acciones)	Quién lo debe hacer			Cómo lo debe hacer
	Jefe de Turno	Sub. Jefe Turno	Operador Sala Control	
Confirmar que Equipos Auxiliares estén conectados.		1	1	Confirme en terreno que equipos auxiliares TG-1 o TG-2 se encuentran conectados a energía propia (380 volt), en panel de compartimiento auxiliar del Generador.
Verificar Bloqueo 89TT1 o 89TT2, ABIERTO.		2		Verifique en patio Trafo 105 que bloqueo 89TT1 O 89TT2 se encuentra, Abierto .
Abra Interruptor 52HT1 o 52HT2.		3	3	Abrir interruptor 52HT1 o 52HT2 de S/E 110 Kv, desde sala de control U14/15
Abra Desconectores 89HT1-1 y 89HT1-2 o 898HT2-1 y 89HT2-2.		4		Desde terreno abrir desconectores 89HT1-1 y 89HT1-2 o 898HT2-1 y 89HT2-2, confirme con operador de Despacho de carga, condición de apertura.
Cerrar Interruptor 52HT1 o 52HT2		5	5	Desde sala de control Cerrar interruptor 52HT1 o 52HT2 de S/E 110 Kv. Confirmar con encargado de maniobra.
Dar Partida START de Turbina a Gas TG1 o TG2.		6	6	De partida (START) a Turbo Gas TG1 o TG2, desde consola de operación ubicada en sala de control U-14/15 o desde terreno en nave de Turbina.
Dar Orden de Cierre de Interruptor 52G del Generador.			7	Una vez transcurrido el tiempo normal de su proceso de partida (12 minutos) debe cerrar el Interruptor 52G del generador. En forma automática.
Al finalizar la prueba deben normalizarse las instalaciones de acuerdo a los siguientes pasos:				
Dar orden de apertura al interruptor 52G		8	8	Desde consola de operación en sala de control U14/U15 o desde terreno en nave de turbina se da orden de apertura al interruptor en OFF, 52G y luego comando de STOP a la turbina.
Confirmar Apertura Interruptor 52G		9		Confirme con operador sala de control U14/U15, apertura del interruptor 52G.
Cerrar desconectores		10		Desde terreno se procede al cierre de los desconectores 89HT1-1 y/o 89HT1-2 o 89HT2-1 y/o 89HT2-2 desde el patio de 110 Kv. Confirmar con operador despacho de carga.
Cerrar Interruptor de TG1 o TG2		11		Solicite a operador despacho de carga que cierre Interruptor 52HT1 en TG1 o 52 HT2 en TG2. Confirme con encargado de maniobras.
Confirmar que alimentación de Equipos Auxiliares estén Conectados con Energía Propia.		12		Confirme desde terreno en Panel de control comportamiento de equipos auxiliares se encuentren conectado a energía propia (380 volt).
CÓDIGO: IN-0910		Ver.00		Página 3 de 7

 ISO 9001-14001-OHSAS18001 EDELNOR ELECTROANDINA CTANDINA DISTRIBUIDOR	SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO SEGURIDAD-AMBIENTE- CALIDAD INSTRUCTIVO Prueba Black Start Turbo Gas TG-1/TG-2																
3. REGISTROS No Aplica																	
4. ANEXOS <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Anexos</th> <th style="width: 20%;">Tipo documento</th> <th style="width: 50%;">Nombre</th> <th style="width: 20%;">Código</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Diagrama Eléctrico</td> <td>Diagrama Unilineal de Prueba Black Start TG-1</td> <td>S/N Código</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Diagrama Eléctrico</td> <td>Diagrama Unilineal de Prueba Black Start TG-2</td> <td>S/N Código</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Guía de Maniobra</td> <td>Maniobra para Prueba Black Start Turbo Gas TG1-TG2</td> <td>S/N Código</td> </tr> </tbody> </table>		Anexos	Tipo documento	Nombre	Código	1	Diagrama Eléctrico	Diagrama Unilineal de Prueba Black Start TG-1	S/N Código	2	Diagrama Eléctrico	Diagrama Unilineal de Prueba Black Start TG-2	S/N Código	3	Guía de Maniobra	Maniobra para Prueba Black Start Turbo Gas TG1-TG2	S/N Código
Anexos	Tipo documento	Nombre	Código														
1	Diagrama Eléctrico	Diagrama Unilineal de Prueba Black Start TG-1	S/N Código														
2	Diagrama Eléctrico	Diagrama Unilineal de Prueba Black Start TG-2	S/N Código														
3	Guía de Maniobra	Maniobra para Prueba Black Start Turbo Gas TG1-TG2	S/N Código														
CÓDIGO: IN-0910	Ver.00	Página 4 de 7															

